Nouvelle Série. — Tome XII. — Fasc. 2. 1946.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU RAVITAILLEMENT

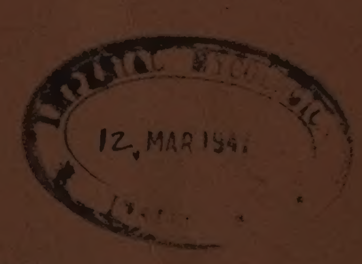
DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE L'EXPÉRIMENTATION

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

ORGANE DES STATIONS ET LABORATOIRES DE RECHERCHES



1946



RÉDACTEURS EN CHEF :

G. ARNAUD, Directeur de la Station Centrale de Pathologie Végétale.

B. TROUVELOT, Directeur de la Station Centrale de Zoologie Agricole.

Centre National de Recherches agronomiques.
Route de Saint-Cyr, Versailles (S.-et-O.).

PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

1946

ANNALES DES ÉPIPHYTIES.

SOMMAIRE.

ANNALES

DES ÉPIPHYTIES

Nouvelle Série. — Tome XII. — Fasc. 2. 1946.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU RAVITAILLEMENT

DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE L'EXPÉRIMENTATION

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

ORGANE DES STATIONS ET LABORATOIRES DE RECHERCHES

PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

1946

UNE MALADIE DU LIN
DUE À *ASCOCHYTA LINICOLA*

par J. Grente,
Chef de travaux à la Station centrale de Pathologie végétale.

SOMMAIRE.

I. Introduction.

La station centrale de pathologie végétale a reçu à diverses reprises des échantillons de Lin (*Linum usitatissimum*) atteints de dépérissements attribués a divers champignons : *Phoma*, *Asterocystis*, *Pythium*, etc.

Nous avons eu l'occasion d'étudier de façon plus approfondie, au mois de mai 1945, des spécimens de lin, adressés par un de nos correspondants de Normandie.

Les symptômes, qui se bornaient à un dessèchement du collet avec brunissement sur une longueur de 5 à 6 centimètres, apparentaient la maladie à celles décrites par les auteurs étrangers et rapportées à des champignons des genres *Phoma* et *Ascochyta*.

Nous avons pu identifier le parasite avec l'*Ascochyta linicola* Naoumoff et Wassiliewski.

Ce champignon n'ayant pas été signalé en France d'une façon certaine, il nous paraît utile de faire ici un exposé historique sur les maladies du Lin dues aux *Phoma* et *Ascochyta*.

II. Historique.

Ritzema Bos (1905) en Hollande signale *Phoma herbarum* sur les altérations désignées par les vocables de «Houden Brand», «Versterf», «Dood Harrel».

Kuhnert et Westerdijk citent *P. exigua* Desm.

Pethybridge et Lafferty (1920) en Irlande englobent sous le nom de «Dead Stalks», trois maladies dues respectivement à un *Phoma*, un *Botrytis* et un *Fusarium*, et provoquant des cas isolés ou généralisés de mort des tiges avec jaunissement du feuillage et dessèchement de la partie supérieure.

Ils décrivent les pycnides d'un *Phoma* abondantes à la base de la plante, et un mycelium dans le tissu cortical pénétrant même le bois.

Les mêmes auteurs avec Rhynehart (en 1921), désignent plus spécialement la maladie à *Phoma*, sous le nom de «Foot-rot». Ils font la preuve du parasitisme du champignon et établissent que la maladie peut venir du sol. N'ayant pas déterminé l'espèce à laquelle appartient le *Phoma* ils rappellent que les *P. exigua* et *P. herbarum*, ont été signalés sur le Lin mais semblent être des parasites bénins.

Gentner (1923) en Bavière étudiant les semences de Lin trouve un *Phoma* dans 16 p. 100 des cas. Il doute qu'il s'agisse du *P. herbarum*.

Envisageant la désinfection des semences, il insiste sur le fait que les graines de Lin peuvent être portées à des températures élevées pendant un temps très court sans être lésées dans leurs faculté germinative, au contraire. L'effet du séchage par la chaleur, élimine les graines faibles ou malades, produit un Lin plus riche en fibre. Le traitement n'arrive pas toutefois à faire disparaître complètement le *Phoma*. L'emploi de vieilles semences semble être un bon moyen pour éliminer les parasites. Gentner essaie avec succès des semences de sept ans. Les traitements chimiques ne lui donnent pas de bons résultats. En résumé, la lutte s'avère difficile.

Kletschetov (1925), en Russie trouve le *P. exigua* associé avec d'autres parasites sur des racines de Lins dans un sol fatigué par neuf ans de culture.

Schilling signale encore la difficulté de désinfecter les graines par les anticryptogamiques habituels.

Un progrès dans la connaissance des champignons du Lin, est fait en 1926 grâce au Professeur Naoumoff qui décrit deux «nouveautés», *Phoma linicola* et *Ascochyta linicola* Naoumoff et Wassilievski. Les deux espèces diffèrent par les lésions qu'elles produisent : le *P. linicola* s'observe sur la partie moyenne et supérieure des tiges dont il ne provoque pas la décoloration, alors que l'*A. linicola*, reste localisé à la base des plantes et provoque le noircissement de la partie attaquée. Les spores du *P. linicola* sont unicellulaires et mesurent 10-13, 4×3, 3-5 μ. Celles de l'*A. linicola* sont cloisonnées dans 50 p. 100 des cas sur les pycnides adultes, elles mesurent $11 \times 2,5 \mu$, les spores jeunes unicellulaires mesurent 5-7 $\times$ 2-2,5 μ. Les jeunes stades de l'*Ascochyta* peuvent donc être confondus avec le *Phoma exigua* dont les spores ont 5-7 μ de long. L'auteur suppose que cette erreur a été commise par ses précédesseurs. Quant aux espèces *P. lini* Passer sur *L. tenuifolium* et *A. Lini* Rostr. sur *L. catharticum*, il faut les éloigner de l'*A. linicola* la première à cause des mauvaises descriptions que l'on en possède; la seconde à cause de ses spores, trop volumineuses (10×5 μ). L'auteur doute que le *P. exigua* soit parasite du Lin.

Marchal et Verplanke (1927) identifient le *Phoma* étudié par Pethybridge avec le *P. linicola* [1].

Marchal et Foex trouvent en Seine-Inférieure sur le plateau de Caux le *P. exigua* parasite dans les cultures de Lin, les dégâts sont faibles.

Van Poeteren trouve sur des lésions qu'il désigne sous le nom de «Het rood» : *Phoma herbarum, Colletotrichum linicolum, Polyspora Lini* en association.

Rothers (1928) en Russie décrit *A. usitatissima* à spores 19-23 × 6-8 μ avec constriction au niveau de la cloison médiane.

Bachtine dans l'aide mémoire sur les maladies du Lin, publié en Russie par le laboratoire «Jaczewski» mentionne une «mort des tiges» provoquée par l'*A. linicola* et certaines espèces de *Phoma, P. linicola* et *P. herbarum*. — *A. linicola* provoque sur les plantes qui ont 10-12 feuilles et pendant la période de floraison et de maturité une défeuillaison et un arrêt de croissance.

Kletschetoff indique en Russie que l'*A. linicola* et le *P. linicola* causent une grande dépréciation de la fibre qu'ils brisent en courts morceaux.

Schilling dans sa mise au point sur les maladies du Lin (dans Tobler : Der Flachs als Faser- und Ölpflanze), indique que parmi les autres *Phoma*, le *P. exigua* serait le plus répandu, il lui attribue un parasitisme certain. Il fait ressortir les deux aspects des maladies provoquées par les *Phoma* : 1° Attaque des semis : «type Foot rot» et 2° attaque des plantes adultes très peu avant la récolte : type «Dead Stalks». L'importance de la maladie semble assez grande. *A. linicola* est regardé comme forme de *A. Lini* [2].

Diddens (1929) en Hollande fait une mise au point sur la question de l'*A. linicola*. Il n'est pas certain que l'*A. linicola* soit identique au *Phoma* isolé par Gentner en 1923.

Lepik en Estonie trouve le *P. exigua* dans le Sud-Ouest.

Eglits en Lettonie signale l'*A. linicola* et *P. linicola* et essaie des désinfections de semences.

Unamuno trouve le *P. exigua* dans les Asturies.

Mme N. A. Naoumova (en 1932) fait la première étude biologique du champignon décrit par Naoumoff : *A. linicola*.

Les essais qu'elle entreprend pour élucider différents points de la biologie du parasite la conduisent aux conclusions suivantes :

1° La cause de l'infection primaire est le sol contaminé qui provoque une fonte des semis.

2° L'humidité du sol doit être supérieure à 40 p. 100 de la teneur maximum en eau.

3° Les plantes ayant résisté à l'attaque primaire portent des lésions dans la région du collet, les fructifications qui apparaissent alors constitueraient le foyer d'infection secondaire.

4° Les capsules et les graines des plantes malades contiennent le parasite qui par cette voie fait retour au sol.

5° La sensibilité du Lin décroît de la germination à la floraison.

Nous reviendrons sur cette étude dans la suite de cette note.

[1] Ceci ne nous semble pas justifié d'après les descriptions des auteurs.

[2] Schilling indique que *A. linicola* peut être confondu avec *P. linicola*, ceci nous semble une erreur d'interprétation de l'original.

De Jonge indique *P. exigua* en Hollande en 1933.

Marchal (1926) trouve des cas graves d'attaques par le *P. linicola*.

Oleynikova en Silésie signale *A. linicola*.

- Vinogradoff, Kapustina, Popova et Shevtchenko (1937) indiquent que l'*A. linicola* est fréquent sur les graines de Lin.

Coldwell (1942) signale un *Phoma sp.* associé avec un *Botrytis* et un *Fusarium* dans la brûlure des tiges.

Dans les rapports phytopathologiques de Nouvelle-Zélande on signale des *Phoma* à la base des tiges de Lin.

Millikan trouve un *Phoma* non identifié.

Muskett et Colhoum (1945) signalent un *Phoma* sur les tiges de Lin et indiquent la difficulté de traitement des semences.

III. Observations sur la maladie.

Les échantillons qui nous sont parvenus nous ont permis de faire quelques observations mycologiques et biologiques sur le champignon.

a. Étude mycologique.

Les pycnides. — Sur les échantillons reçus, nous avons observé des pycnides sphériques (fig. 1), sous-épidermiques, enfoncées dans le parenchyme cortical. Leur région supérieure fait légèrement saillie à la surface de l'épiderme et s'ouvre par une ostiole circulaire. Leur partie inférieure atteint la région des fibres péricycliques. Les parois des conceptacles sont minces, de couleur brun-foncé tirant sur le noir. La taille des pycnides varie de 100 à 150 μ, l'ostiole à 10-20 μ. Les spores sont hyalines, paraissant légèrement roses lorsqu'elles sont vues à leur sortie de la pycnide en masses agglomérées. Leur forme est cylindrique, droite, à extrémités arrondies. Un certain nombre de ces spores sont munies d'une cloison transversale médiane rectiligne, il n'y a pas de constriction au niveau de la cloison.

Au cours d'expériences de contamination artificielle nous avons observé des pycnides prenant naissance sur de jeunes germinations et sur des racines de Lins adultes. Dans le premier cas elles se formaient dans un milieu très humide : leur parois étaient de couleur beaucoup plus claire, leur taille légèrement supérieure (200 μ), ces faits étaient dus à leur forte imbibition. Dans le deuxième cas les fructifications s'étaient formées dans un sol très sec, sur des organes arrivés dans un état de forte déshydratation : elles étaient plus petites, 50 μ, leur couleur était foncée, presque noire.

Les spores que nous avons obtenues dans ces essais expérimentaux et celles des échantillons nous ont permis de faire les remarques suivantes.

Les spores cloisonnées passent facilement inaperçues à cause de la finesse de la cloison et de sa réfringence voisine de celle du protoplasme. De plus le pourcentage des spores cloisonnées varie de 0 à 70 p. 100 selon l'âge des pycnides. Une étude statistique et biométrique nous a montré que la longueur des spores variait de 5 à 13 μ ; les unicellulaires de 5 à 9 μ et les bicellulaires de 7 à 13 μ. La longueur la plus fréquente dans les premières est 7 μ dans les secondes 9 μ.

Dans une pycnide contenant 10 p. 100 de spores cloisonnées il y a 40 p. 100 de spores

unicellulaires de 7 μ. Au contraire dans une pycnide où 60 p. 100 des spores sont bicellulaires, la plupart mesurent 9 μ et 70 p. 100 de spores de 9 μ sont cloisonnées. La largeur des spores varie de 2-4 μ, les spores de 3 μ sont la majorité.

Nous avons trouvé très peu de pycnides adultes si bien qu'il nous semble que leur formation qui se montre précoce, est accompagnée d'une maturation très lente. Il s'ensuit que l'on trouve le plus souvent les jeunes stades du champignon et que la détermi-

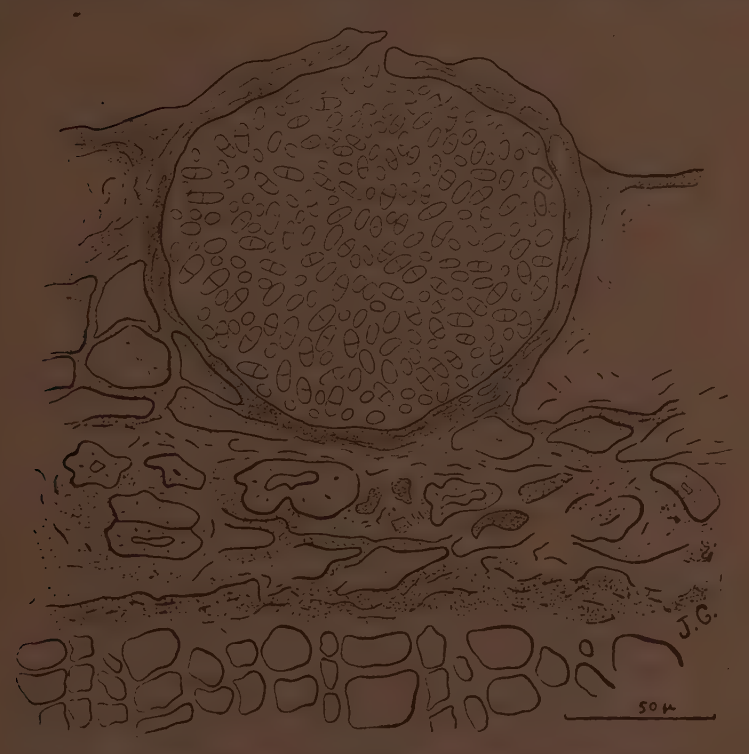


Fig. 1. — *Ascochyta Linicola.* Pycnide sur tige de Lin de Normandie (gr. 500).

nation prête à confusion. C'est cette constatation qui a motivé ces remarques sur les dimensions des spores.

Le mycelium. — Très peu abondant autour de la fructification dans les tissus atteints, le mycelium est de couleur brune, cloisonné sans particularités spéciales. En culture pure se développent un mycelium aérien hyalin à cellules courtes et un mycelium profond, brun à cellules plus longues et plus volumineuses, à protoplasme très vacuolisé. Dans les cultures âgées il se forme des amas de cellules sphériques de couleur foncée très serrées les unes contre les autres. Ce sont probablement des ébauches de pycnides qui n'ont pas encore évolué en fructifications adultes bien que nos cultures aient plus de six mois.

Systématique. — Le champignon se range parmi les formes imparfaites dans le groupe des Sphaeropsidés. Par ses pycnides sphériques sans stroma mycélien, ses spores hyalines bicellulaires droites, il se classe dans le genre *Ascochyta* ou peut-être

Diplodina puisqu'on a pas trouvé de fructifications sur les organes foliacés. Devant l'arbitraire de la distinction des deux genres nous sacrifierons à l'usage en le laissant dans le genre *Ascochyta*. Les dimensions des spores permettent en effet de l'identifier avec l'*A. Linicola* NAOUMOFF et WASSILIEWSKI. De plus les symptômes de la maladie sont conformes aux descriptions des auteurs qui ont créé l'espèce.

Cette espèce n'a pas encore été signalée en France. Il est possible que les attaques attribuées au *Phoma exigua* lui soient imputables : en effet les jeunes stades de l'*Ascochyta* ont des spores de tailles voisines de celles du *P. exigua*. De plus le *P. exigua* n'a jamais fait l'objet d'une étude précise en tant que parasite du Lin, il n'a été signalé que



FIG. 2. — Pycnidiospores d'*Ascochyta linicola* (gr. 2.225).

dans des rapports phytopathologiques. C'est d'ailleurs un saprophyte que l'on trouve sur les plantes très diverses mais qui ne paraît pas capable d'attaquer le Lin.

b. BIOLOGIE DU PARASITE.

La première étude biologique a été faite par Mme NAOUMOVA ainsi que nous l'avons signalé plus haut. Il nous paraît utile de revenir ici sur ses conclusions avant de rapporter quelques résultats que nous avons obtenus.

a. *Forme fonte des semis.*

1. Le rôle du sol dans la contamination a été élucidé par des semis effectués en terre contaminée expérimentalement. Les jeunes plantes se fanent au bout de six jours après la levée, certaines plantules sont tuées immédiatement après leur sortie. La mortalité atteint 47 p. 100 contre 21 p. 100 dans le témoin.

2. L'influence de l'humidité du sol a été étudiée par des semis effectués dans des terres infectées dont l'humidité allait de 100 p. 100 à 30 p. 100 de la capacité totale de rétention d'eau (43,5 p. 100). Au-dessous de 40 p. 100 l'humidité n'est plus suffisante pour permettre une attaque notable des jeunes germinations.

b. *Attaques d'organes aériens.*

3. La sensibilité des fleurs et des capsules a été étudiée par des contaminations artificielles à divers âges. Les capsules mûres sont moins sensibles que les fleurs. Le champignon pénètre jusqu'aux graines par la voie des cloisons sur lesquelles elles sont insérées. Celles-ci sont contaminées par la pénétration du champignon dans leurs téguments. La

couche pigmentée des enveloppes de la graine si elle est formée, empêche l'infection de l'embryon. Les fructifications de l'*Ascochyta* apparaissent sur les capsules et les graines. Les semences attaquées sont ridées et d'une apparence mate caractéristique. Le parasite hiverne dans les graines et fait retour au sol l'année suivante.

4. La sensibilité du Lin aux divers âges a été établie par des contaminations expérimentales. Elle décroît de 100 p. 100 à 0 p. 100 depuis la levée jusqu'à la floraison [1].

*
* *

Nous avons pu vérifier certain nombre des points de biologie établis dans cette étude.

a. *Sensibilité des jeunes plantes.*

Sur des Lins semés le 9 juillet 1945, des contaminations ont été réalisées en serre, le 19, par des fragments de culture pure d'A. *linicola* sur gélose à la farine d'Avoine. La température moyenne était 20 degrés, l'humidité atmosphérique de 90 p. 100 environ. En quelques jours la mortalité a été de 100 p. 100 chez les plantes contaminées.

b. *Rôle du sol dans la contamination primaire.*

Nous avons cherché à savoir si le sol contaminé gardait son pouvoir infectieux pendant un certain temps. A cet effet, des terrines de terre ont été stérilisées puis infectées par incorporation de fragments de culture pure du parasite sur gélose nutritive. Ces terrines ont été ensuite ensemencées après un temps de repos variable en serre à 15 degrés. On a compté le nombre de plantes tuées quinze jours après le semis.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

DATE D'INFECTION DU SOL.	DATE de SEMIS.	TEMPS de REPOS. (Jours.)	TEMPÉRATURE MOYENNE.	POURCENTAGE DE MORT en 15 jours.	POURCENTAGE DE MORT dans le témoin.
15 Décembre 1945	15 décembre.	0	15°	60 p. 100.	5 p. 100.
7 Janvier 1946	14 janvier.	7	15°	25 p. 100.	9 p. 100.
17 Janvier 1946	30 janvier.	13	16°	20 p. 100.	10 p. 100.

Des contaminations ont été effectuées aussi par cultures pures sur tiges de Lin stérilisées, les résultats ont été légèrement moins marqués.

Ces quelques résultats encore incomplets montrent que le sol contaminé ne conserve pas longtemps son pouvoir infectieux, tout au moins dans les conditions où nous avons opéré. Il s'agit peut-être d'une élimination progressive du parasite sous l'effet de la concurrence des autres microorganismes du sol ou d'une atténuation de virulence du parasite.

Ces résultats vont à l'encontre des conclusions de Mme Naoumova selon lesquelles le sol jouerait le rôle principal dans la transmission de la maladie. Ils sont peut-être explicables par une humidité insuffisante dans nos essais ou par une différence de souche du parasite [2]. La nature du matériel et les conditions de sol ont aussi leur rôle.

Des expériences sur la conservation du parasite dans le sol pendant l'hiver dans des conditions culturales ordinaires ont été entreprises. Leurs résultats permettront de se rendre compte si le sol est l'élément primordial dans la transmission de la maladie, ou

[1] Le champignon reste toutefois un parasite de blessure très peu actif.
[2] L'auteur signale de fortes différences de pouvoir infectieux selon la provenance du champignon.

si au contraire il ne joue qu'un rôle de second plan devant celui des graines malades. Dans le premier cas : le champignon participerait au phénomène de fatigue des sols, dans le second : la désinfection des semences apparaîtrait comme une pratique culturale susceptible d'efficacité contre la maladie.

c. *Résistance des Lins adultes.*

Des Lins semés en pleine terre le 23 juin 1945, rentrés en serre le 16 août, ont été contaminés par des fragments de culture pure d'*A. Linicola* placés à l'aiselle des feuilles de base. La température était de 25 degrés, l'humidité atmosphérique 90 p. 100. Nous n'avons pas constaté de lésion pendant le mois d'août, ni le mois de septembre. Les plantes déterrées en novembre nous ont montré une grande quantité de pycnides formées sur leurs racines. Ces pycnides, de petite taille, contenaient des spores adultes. Des tentatives pour isoler le champignon du sol où elles s'étaient formées ont échoué. La résistance des tiges de Lins adultes à la contamination sans blessure a donc pu être vérifiée.

c. Importance de la maladie.

Nous possédons quelques renseignements précis sur la répartition géographique

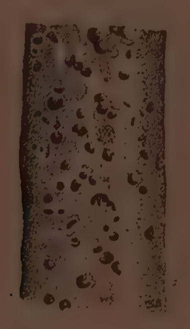


Fig. 3. — Portion de tige atteinte (gr. 10).

de la maladie en France. Il est possible qu'elle soit souvent passée inaperçue et qu'elle ait été confondue avec la brûlure due à l'*Asterocystis* et le *Pythium megalacanthum.*

L'importance des dégâts peut être grande dans les cas de fonte des semis généralisée. Dans cette forme de la maladie il se peut que l'*A. Linicola* n'agisse pas seul mais en association avec d'autres organismes. Dans les attaques du collet la fibre peut être gravement endommagée, heureusement le champignon ne remonte guère au-dessus des 6 centimètres inférieurs, niveau où la fibre est peu dense. Nous avons constaté qu'à cette hauteur la surface de la fibre était de l'ordre de 1/60° de la surface totale chez les plantes malades alors que normalement elle ne descend pas au-dessous de 5 p. 100 même dans les cas de Lins pauvres en fibre. La maladie connue sous le nom de «Mortlin» n'est pas sans relation avec le parasite.

IV. Lutte.

La lutte contre la maladie rentre dans le cadre général du traitement, de la fonte des semis. Que le parasite participe ou non à la fatigue des sols, la désinfection de

celui-ci, impraticable d'ailleurs, n'est pas à envisager puisque dans notre pays on observe toujours une très longue rotation dans la culture des Lins. La désinfection des semences pose le délicat problème d'atteindre le parasite, à l'intérieur des téguments ou au moment où il passe des téguments à la plantule, il en est d'ailleurs ainsi pour beaucoup des parasites du Lin.

Les traitements par les solutions aqueuses sont très difficiles avec les graines mucilagineuses du Lin. On est arrivé à des résultats assez bons, par les poudrages, en particulier en Allemagne et en Russie. L'emploi des organomercuriques, produits seulement tolérés en France a donné les meilleurs résultats. Nous avons pu constater l'état sanitaire parfait de Lins dont les graines sont traitées tous les ans par ces produits. Les produits employés dans la désinfection des semences de céréales méritent tous d'être essayés dans cette occurrence [1] bien qu'ils aient donné des résultats négatifs à l'étranger.

V. Conclusions.

L'*Ascochyta linicola* Naounoff et Wassiliewski était un champignon jusqu'ici mal connu de la flore française. Commun en Russie, il est répandu dans notre pays, mais il est souvent passé inaperçu ou a été confondu avec un *Phoma*.

C'est un parasite certain du Lin mais il ne l'attaque que dans des conditions particulières et de nombreux points de sa biologie sont encore à élucider.

Les dégâts qu'il provoque sont d'importance secondaire. La lutte contre ce parasite doit rentrer dans le cadre général de la désinfection des semences qui est une excellente pratique culturale. Ses relations avec la grave maladie dite « Mort-Lin » sont à préciser. Des expériences entreprises dans ce but feront l'objet de prochains comptes rendus.

Bibliographie.

1905. Ritzema Bos (J.). — Phytopathologisch Lab. Willie Comelin schalten verslag over onderzoekingen gedaan in en-lichtingen gegeven von wege bovengenoemd lab. in het jaar 1904. (*Tijdschr. over plantenziekten*, XI, p. 25.)

1919. Pethybridge (H. G.) et Lafferty (H. A.). — Investigations on Flax diseases. (*Dep. agric. and techn. inst. for Ireland*, 1919.)

1921. Pethybridge (H. G.), Lafferty (H. A.) et Rhynehart (J. G.). — Investigations on Flax diseases. (*Dep. agric. and techn. inst. for Ireland*, 1921.)

1923. Gentner (G.). — Bayerische Leinsaaten. (*Faserforschung*, III, p. 277-90.)

1925. Kletschetov (A. N.). — [Recherches sur la fatigue des sols]. (Moscou) [In *Rew. of Applied mycol.*, V, p. 100.]

1926. Naoumoff (N. A.). — [Nouveautés pour la flore russe]. (*Mycology, Leningrad*, 1926.)

1926. Marchal (F.) et Verplancke (G.). — Champignons parasites nouveaux pour la flore belge observés en 1919-1925. (*Bull. soc. royale de Belgique*, LIX, p. 19-25.)

1927. Marchal (F.) et Foex (E.). — Rapports phytopathologiques. (*Ann. épiphyt. XII*, 6, p. 383-54.)

1927. Van Poeteren (I. M.). — Verslag over de vertzaamhenden van den plantenziektenkundigen Dienst in het jaar 1927. (*Université Wageningen.*)

[1] Voir Lansade (M.). — Essais de lutte contre la carie du Blé (*Tilletia tritici* (Bjerk) Wint). *Ann. Epiph.*, fasc. 3-4, p. 177-190. 1945.

1927. ROTHERS (B. U.). — [Note sur deux nouveaux parasites du Lin.] (In *Rew. of applied Mycol.*, VI, p. 446.)

1928. BACHTINE (B. C.). — Aide-mémoire sur les maladies du Lin. (*Public. du Lab.* JAKEWSKI.)

1928. KLETSCHETOFF (A. N.). — Maladies du Lin. (*All russian centr. coop. union Flax and hemp growers.* Moscou 1928.)

1929. DIDDENS (H.). — De Ascochyta Ziekte van het vlas. (*Tijdsch. over plantez.*, XXXI, 9, p. 251-3.)

1932. NAOUMOVA (N. A.). — [Taches produites sur le Lin par l'*Ascochyta linicola.*] (*Bull. plant. prot. Leningrad,* p. 141-60.)

1933. DE JONGE (L. S. A.). — Plantenziektenkundige vraagstukken in verband met Vlascultur. (*Tijdsch. over plantenziekten,* XXXIX, I, p. 1-10.)

1936. MARCHAL (E.). — Observations et recherches effectuées à la station phytopathologique de l'État pendant l'année 1935. (*Bull. inst. agron. Gembloux,* V, 2, p. 105-11.)

1937. VINOGRADOFF (V. P.), KAPUSTINA (E. I.), POPOVA (T. T.) et SHEVTCHENKO. — [Instructions pour la détermination de la valeur germinative des graines et leur examen phytopathologique.] (*St. Publ. off. lit. collet coop Fmg. « Selkhozgiz ».*)

1944. MILLIKAN. — Phoma stem disease of Flax. (*J. inst. agric. sc.*, X, 3, p. 129-30.)

1945. MUSKETT et COLHOUM. — Foot-rot (Phoma sp.) of Flax. (*Nature, London,* CLV, 3934, p. 367-8.)

PUCCINIA CARTHAMI Cda,

ROUILLE DU TYPE *BRACHYPUCCINIA*

Par H. Darpoux,
Chef de travaux à la Station centrale de Pathologie végétale.

SOMMAIRE

I. Introduction.

Le *Puccinia Carthami* a été observé pour la première fois par Corda (1840) sur *Carthamus tinctorius* L. Cet auteur décrit les formes urédospore et téleutospore du champignon.

En 1922, Arthur et Mains ont rangé cette rouille dans le genre *Bullaria,* sous le nom de *Bullaria Carthami,* ce genre ayant été créé pour des espèces autoïques, anciennement classées dans le genre *Puccinia,* dont le cycle évolutif comprend des pycnides, des urédospores primaires, des urédospores secondaires et des téleutospores.

Le *Puccinia Carthami* Cda avait été classé dans ce genre par simple analogie avec d'autres espèces car les pycnides et les urédospores primaires étaient inconnues, ainsi d'ailleurs que les écidies.

Dietrich (1862) avait bien décrit sous le nom d'*Aecidium Carthami,* une forme écidienne en Esthonie. Mais, comme le fait remarquer Conners (1943), dans son «Enumeratio systematica fungorum» Oudemans (1923) a commis une erreur en donnant cette rouille comme synonyme du *Puccinia Carthami* Cda. L'hôte type d'*Aecidium Carthami* Diet. serait, d'après Eichwald, une espèce de *Centaurea* et non *Carthamus tinctorius* L.

Cette erreur a d'ailleurs été reprise par Rodighin (1939) dans son article sur les maladies du Carthame dans la région de la Volga.

L'aire de dispersion du *Puccinia Carthami* Cda est très étendue. Sur *Carthamus tinctorius* L., cette rouille a été trouvée en Bohème, en Silésie (Corda, 1840 ; Saccardo, 1887 ; Schroeter, 1889), en Allemagne, en Autriche, en Égypte, aux Indes et au Japon (Sydow,

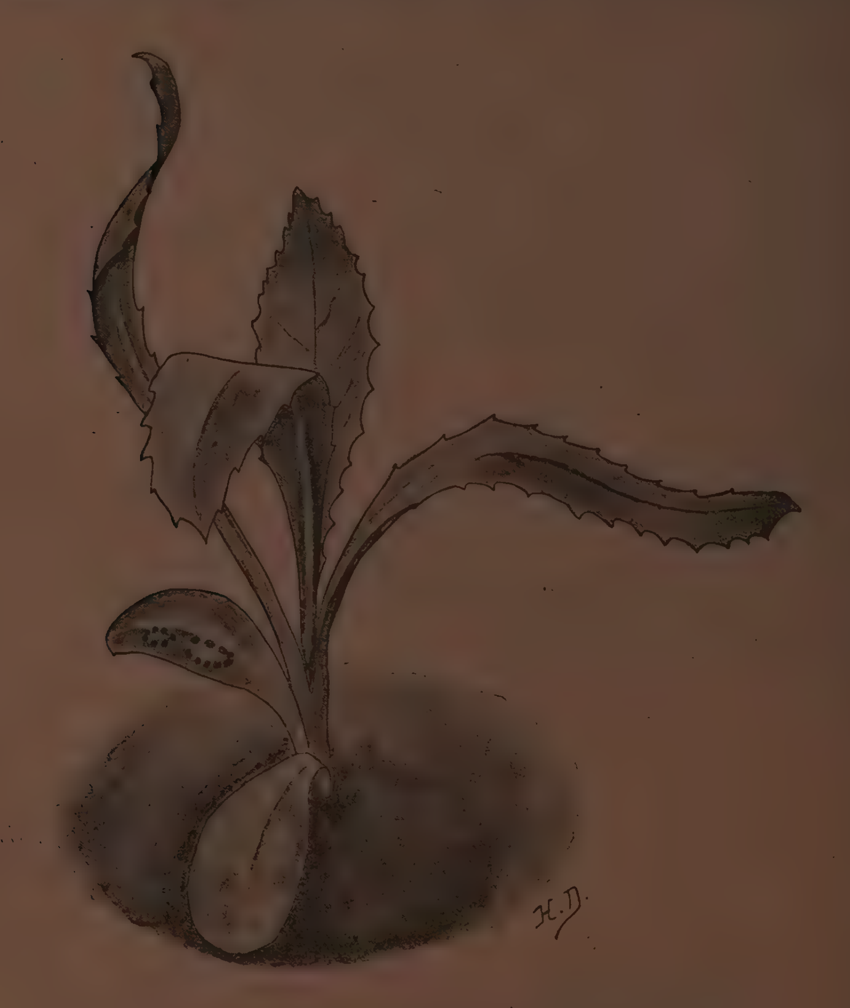


Fig. 1. — Pycnides et urédospores primaires de *Puccinia Carthami* Cda sur cotylédons de *Carthamus tinctorius* L.

1904), en Afrique du Nord et aux États-Unis dans le Massachusetts sur un échantillon de collection récolté en 1895 (Arthur, 1934), en Roumanie (Savulescu, 1942), au Canada dans les provinces de Saskatchewan, Manitoba et probablement dans celles d'Alberta et Otawa (Conners, 1943). Enfin, Fragoso (1924) signale sa présence sur *Carthamus dianus* dans la région de Valence (Espagne).

En France, nous l'avons observé pour la première fois en 1943. Nos études biologiques

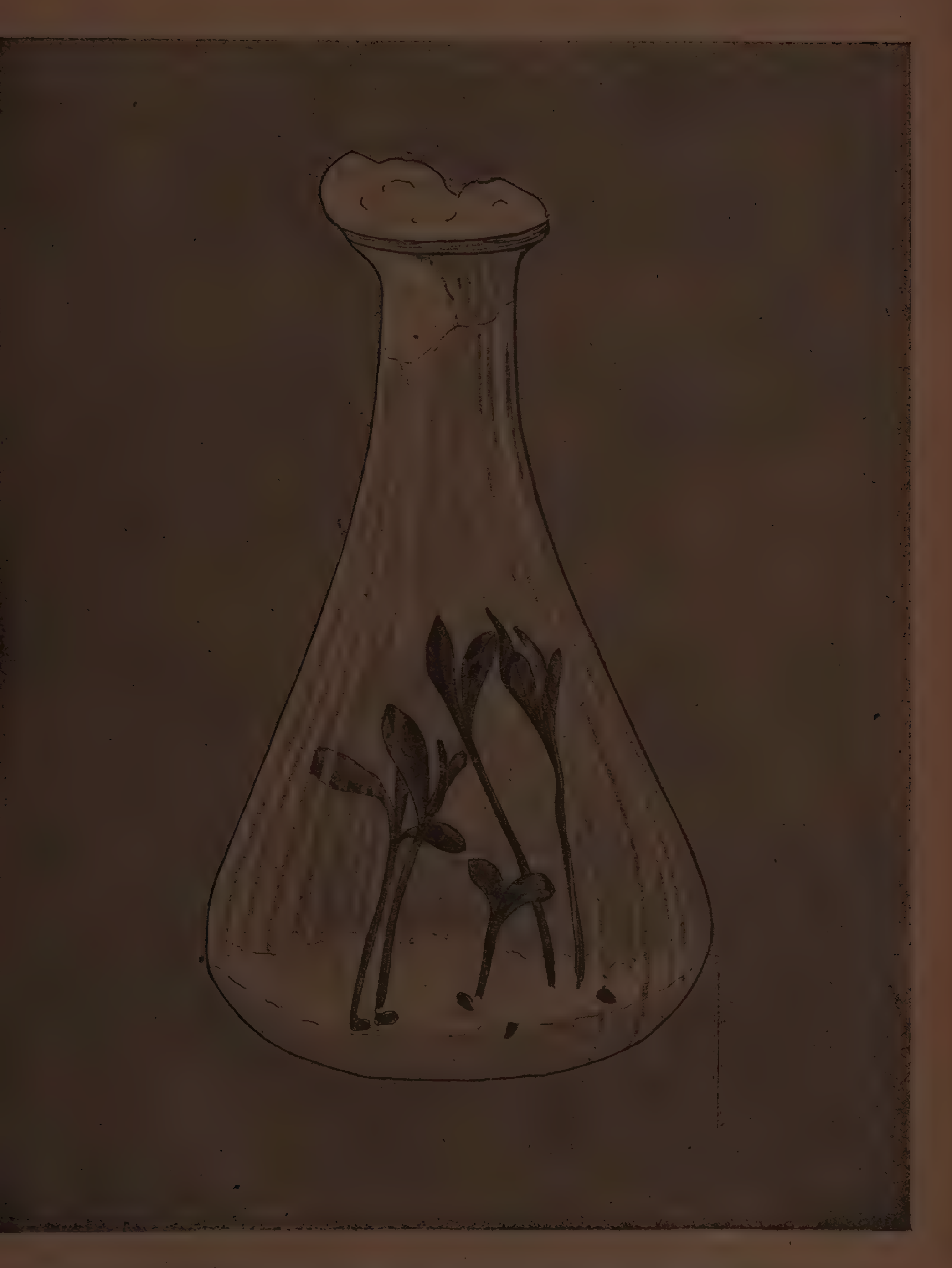


Fig. 2. — Plantules cultivées en milieu aseptique, en flacon d'Erlenmeyer.

sur ce champignon ont permis de prouver que le *Puccinia Carthami* Cda possède, dans son cycle évolutif, en plus des forme urédospore et téleutospore déjà connues, une forme pycnide et une forme urédospore primaire.

Le but de notre article est d'une part de montrer comment nous sommes arrivés à ces conclusions, d'autre part de décrire ces formes nouvelles de fructification.



Fig. 3. — Pycnides et urédospores primaires sur l'axe hypocotylé d'une plantule cultivée dans un flacon d'Erlenmeyer.

II. Étude biologique.

Le 11 mai 1945, nous avons trouvé sur des cotylédons de *Carthamus tinctorius* L., dans nos cultures, à la Station centrale de Pathologie végétale à Versailles, les pycnides d'une Urédinée. Quelques jours plus tard, autour d'un certain nombre de taches à pycnides, sont apparues des sores à urédospores (fig. 1). Par la suite, les urédospores et les téleutospores caractéristiques du *Puccinia Carthami* Cda se sont formées sur les plantes ayant porté des pycnides et sur les plantes voisines. Les pycnides observées semblaient donc entrer dans la biologie du *Puccinia Carthami* Cda. Il convenait cependant de le prouver par des expériences rigoureuses.

1. Technique expérimentale.

Pour une telle étude, nous avons cultivé les plantes en milieu aseptique, à l'abri de toute contamination accidentelle. A cet effet, des flacons d'Erlenmeyer de 500 centi-



Fig. 4. — Pycnides sur l'axe hypocotylé d'une plantule cultivée en plein champ.

mètres cubes, au fond desquels on met une couche de coton hydrophile, baignant dans de l'eau du robinet, sont, après avoir été bouchés par du coton cardé, stérilisés à l'autoclave à 120° pendant 20 minutes.

Avant le semis les graines sont désinfectées, soit dans une solution aqueuse de bichlo-

rure de mercure à 1 p. 1.000, soit dans une solution d'hyplochlorite de Ca (60 gr. à 200° chlorométriques dans 1 l. d'eau). Elles sont ensuite lavées successivement dans trois eaux stériles, puis introduites dans le flacon d'Erlenmeyer sur le coton hydro-

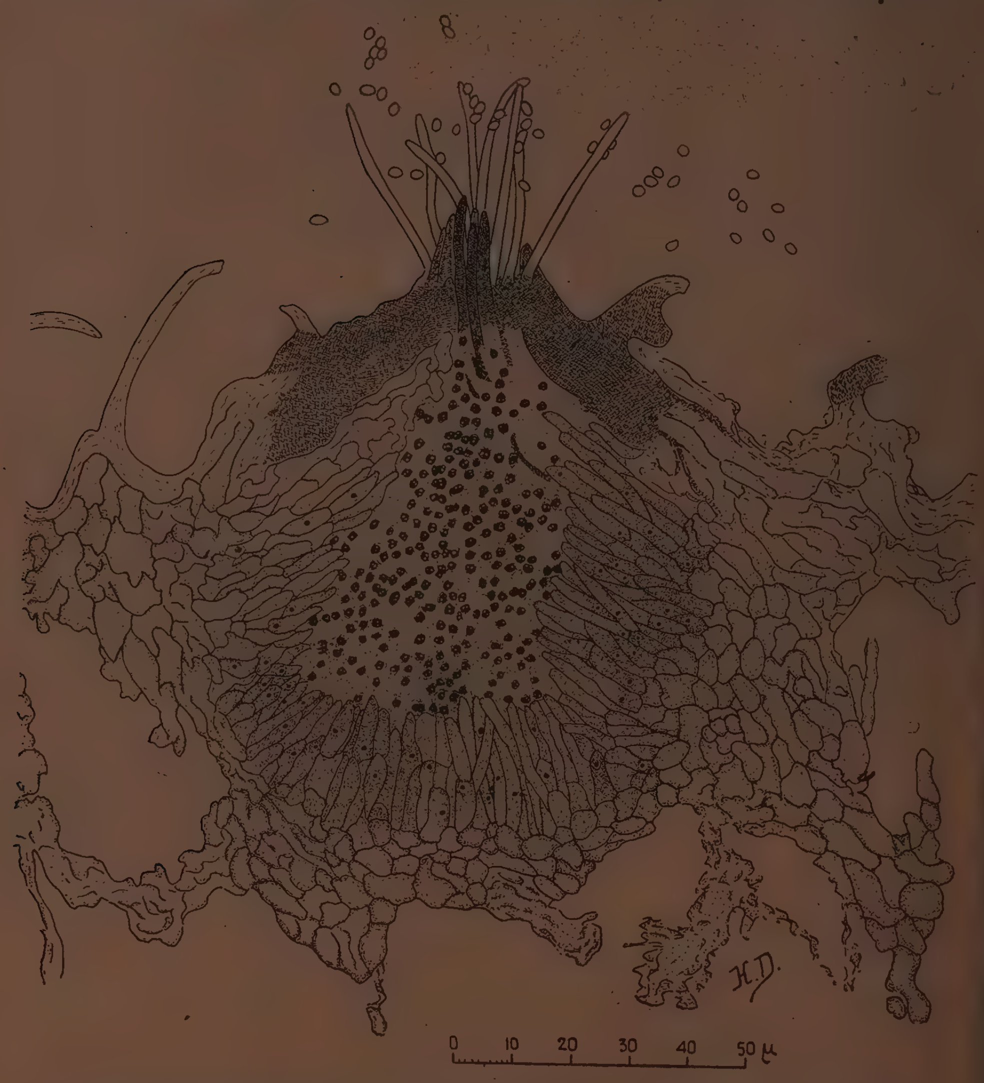


Fig. 5. — Coupe d'une pycnide colorée à l'hematoxyline ferrique. Les longs poils de l'ostiole et les pycnidiospores externes ont été observés sur une autre coupe, plus épaisse, et ne sont pas colorées (gr. 850 environ).

phile, avec toute les précautions indispensables pour éviter l'introduction d'agents pathogènes.

Un procédé rapide et qui nous a aussi donné des résultats satisfaisants, consiste à désinfecter les graines par un simple poudrage avec un produit organo-mercurique.

Dans ces flacons d'Erlenmeyer, les graines germent rapidement au laboratoire et les plantules se maintiennent longtemps au stade cotylédonnaire, conditions favorables pour l'étude que nous avions entreprise (fig. 2).

Nous avons d'ailleurs généralisé cette méthode par la suite pour l'étude de divers parasites. Elle nous a permis d'étudier avec précision l'action de certains facteurs chimiques et physiques, notamment la température et la lumière, sur la biologie de ces parasites.

Il est remarquable de constater que dans de telles conditions les plantes peuvent vivre très longtemps avec une croissance ralentie. C'est ainsi qu'un Colza à végété deux ans et demi, en milieu aseptique, sur de l'eau du robinet de notre laboratoire et du coton cardé, sans apport d'autres éléments. Mais la plante n'a jamais fleuri.

2. Expériences effectuées.

Sur les cotylédons des plantes de *Carthamus tinctorius* L. cultivées suivant la technique précédente, nous avons déposé dans une goutte d'eau stérile quelques téleutospores de *Puccinia Carthami* Cda. Des pycnides identiques à celles observées dans la nature au printemps précédent, sont apparues après une durée d'incubation de huit jours à la température de 18°. Plusieurs centaines de contaminations à partir des téleutospores, ont été réalisées de l'automne 1945 au printemps 1946; dans tous les cas nous avons obtenu des taches de pycnides. Deux ou trois jours plus tard, autour d'un grand nombre de ces taches, apparaissaient des urédospores primaires, à partir desquelles nous avons effectué des contaminations conduisant aux urédospores et aux téleutospores classiques de *Puccinia Carthami* Cda.

III. Description des pycnides et urédospores primaires du Champignon.

Les pycnides et les urédospores primaires se forment presque toujours sur les cotylédons. Elles sont hypophylles ou épiphylles.

Par des contaminations artificielles elles sont apparues également sur l'axe hypocotylé (fig. 3). Dans la nature nous n'avons observé qu'une seule fois des pycnides sur l'axe hypocotylé (fig. 4). Cet organe s'était légèrement hypertrophié sous l'action du champignon.

Les pycnides sont groupées en taches plus ou moins grandes. Au début la tache apparait légèrement décolorée puis elle prend une couleur jaune-orangé.

La pycnide prend naissance dans les tissus sous-épidermiques puis émerge en perçant l'épiderme. Elle est sphérique ou pyriforme et mesure en moyenne 85 à 100 μ de diamètre (fig. 5).

A l'intérieur, des filaments à un seul noyau donnent naissance aux pycnidiospores qui remplissent l'intérieur de la cavité. Ces spores sont hyalines, de forme ovale ou ellipsoïde et mesurent 1,5 $\times$ 2-3 μ. Elles renferment un noyau volumineux d'environ 1-1,5 μ de diamètre.

Les pycnidiospores sont expulsées de la pycnide par l'ostiole, orifice entouré de longs poils hyalins d'environ 30 μ de long, en même temps qu'une matière visqueuse, formant une gouttelette ou cirrhe de couleur jaune-orange visible à l'œil nu à l'extérieur de la pycnide

La gouttelette s'étale bientôt à la surface de l'épiderme, le liquide visqueux se dessèche et il reste une croûte jaune orangé de pycnidiospores.

Deux à trois jours après l'apparition des pycnides, les *urédospores primaires* se forment autour de certaines taches. Les sores éclatent bientôt et les spores apparaissent pulvérulentes, de couleur châtain clair.

Les urédospores primaires sont sphériques, nettement échinulées lorsqu'elles sont jeunes, presque lisses à maturité. Elles mesurent 20 à 25 μ de diamètre et sont portées par un pédicelle hyalin et épais qui naît sur des cellules à dicaryon (stade diploïde du champignon). Au point de vue morphologique elles sont très semblables aux urédo-



Fig. 6. — Pycnide, urédospores primaires et quelques téleutospores, mycelium et suçoirs de *Puccinia Carthami* Cda sur cotylédon de *Carthamus tinctorius* L. (gr. 300).

spores secondaires de *Puccinia Carthami* Cda, connues depuis longtemps. Cependant, dans la vie du champignon elles font suite aux pycnides et occupent la place des écidies. Le champignon passe de l'état haploïde à l'état diploïde. Pour ces raisons, de tels organes, chez des rouilles voisines, sont appelés par Arthur, *écidies urédinoïdes.*

Nous n'adopterons pas provisoirement ce terme pour notre Rouille. En effet, nous avons parfois observé dans les sores se formant autour des taches à pycnides, quelques rares spores bicellulaires, du type téleutospore, au milieu des spores unicellulaires du type urédospore. Comme ces dernières elles étaient portées par un pédicelle hyalin et épais qui prenait vraisemblablement naissance sur le même mycelium (fig. 6). Il nous paraît donc nécessaire d'éclaircir le mode de formation de ces organes avant de leur donner la valeur d'écidiospores.

Nous conserverons cependant le terme de sores à urédospores primaires pour désigner les sores qui se forment juste après les pycnides, afin de bien situer leur place dans la vie du champignon et pour montrer qu'ils renferment surtout des spores du type urédospore.

IV. Résumé et conclusion.

Le *Puccinia Carthami* Cda possède à côté des formes urédospore et téleutospore déjà connues, une forme pycnide et une forme urédospore primaire. Nous avons trouvé ces organes sur cotylédons et plus rarement sur l'axe hypocotylé de *Carthamus tinctorius* L. cultivé à Versailles. La preuve qu'ils entrent dans le cycle évolutif du champignon a été fournie expérimentalement.

On doit donc rattacher le *Puccinia Carthami* Cda au type *Brachypuccinia.*

BIBLIOGRAPHIE

1840. Corda. — Icones Fungorum (Prague, t. IV, p. 15, fig. 52).

1862. Dietrich (H. A.). — Blicke in die Cryptogamenwelt der Ostseeprovinzen. (*Bot. Zeitung*, p. 222.)

1887. Saccardo (P. A.). — Sylloge Fungorum. (Vol. 7, p. 646.)

1889. Schroeter (J.). — Kryptogamen Flora von Schlesien (Breslau, p. 340.)

1904. Sydow (P. et H.). — Monographia Uredinearum. (Vol. I, p. 35-36.)

1922. Arthur (J. C.) et Mains (E. B.). — *Bullaria Carthami* (Corda) Arthur et Mains. (*North American Flora*, vol. 7, p. 512.)

1923. Oudemans (C. A. J. A.). — Enumeratio systematica fungorum. (Vol. IV, p. 10-58.)

1923. Snell (K.). — Beitrage zur Kenntnis der pilzparasitaren Krankheiten von Kulturpflanzen in Aegypten und ihrer Bekampfung. (*Angew. Bot.*, V, 3, p. 121-131.)

1924. Fragoso (R. G.). — Uredales, Tome I Género *Puccinia* (p. 281 et 377, Madrid).

1934. Arthur (J. C.). — Manual of the Rusts in United States and Canada. (*Purdue Research Foundation*, Lafayette, Indiana, p. 349.)

1939. Rodigin (M. N.). — [Rare and little known fungous diseases of Safflower in the Volga region]. *25 years Saratoff Agricultural Institute*, Saratoff, p. 186-190, en Russe. (Résumé en Anglais in *Rev. of applied Mycology*, XIX, p. 115-116, 1940.)

1942. Savulescu (T.). — Rumania Phytopathological events during the year 1941. (*Int. Bull. Pl. Prot.*, XXXIII, 2, p. 17M-19M, 3, 36M-39M.)

1943. Conners (I. L.). — Rusts and other diseases of Safflower. (*Plant. Dis. Reptr.*, XXVII, 9, p. 194-199.)

1943. Conners (I. L.). — The rusts of Safflower. (*Phytopathology*, XXXIII, 9, p. 789-796.)

1945. Darpoux (H.). — Contribution à l'étude des maladies des plantes oléagineuses en France. (*Annales des Épiphyties*, t. XI, fasc. 1 et 2, p. 71-103, 30 fig.)

LES PHASES ACRIDIENNES
ET L'INVASION DU CRIQUET MIGRATEUR
DANS LA GIRONDE [1]

par B. Zolotarevsky,
Directeur de l'Office national anti-acridien.

Avant-propos.

L'apparition dans la Gironde, à la fin du printemps 1945, des bandes grégaires des Criquets migrateurs (*Locusta migratoria* L.) pose la question de leur provenance. La question est capitale : c'est de sa réponse que dépendra l'orientation de l'organisation rationnelle de la défense contre le fléau ; c'est également cette réponse qui ajoutera à la connaissance du Criquet migrateur, commun en Europe orientale, en Asie et en Afrique, mais sur lequel il reste encore beaucoup à apprendre.

L'invasion des Criquets migrateurs dans la Gironde, grave et inopinée, a été bien dépeinte par J. Carayon (1945). Elle a toute l'apparence d'une pullulation locale qui se serait produite sur les lieux mêmes de la présence des bandes de larves, ou tout au plus dans leur voisinage immédiat. L'existence chez les Acridiens du phénomène des phases rend une telle interprétation fort plausible, cependant, à ma connaissance, aucune observation précise n'est encore venue pour l'affirmer. La possibilité d'une origine étrangère de cette invasion, ou du moins des insectes qui l'ont engendrée, ne doit donc pas être *à priori* écartée.

C'est en étudiant ces deux éventualités que le problème pourrait être sinon résolu, du moins posé de façon à donner aux recherches une orientation qui convient.

Phases.

Le phénomène des phases a été primitivement constaté et décrit par B. P. Uvarov (1921) chez *Locusta migratoria* L., espèce qui nous intéresse ici. Il a été reconnu par la suite chez tous les autres Acridiens migrateurs.

Les Acridiens migrateurs, espèces polymorphes, se présentent dans la nature dans trois

[1] Conférence faite à la Station centrale de Zoologie agricole le 28 février 1946

états biologiques — *phases* — qui se manifestent par l'aspect, le comportement et les particularités fonctionnelles des individus.

Les insectes de la phase *solitaria* vivent isolés et se déplacent apparemment peu ; ceux de la phase *gregaria* se tiennent groupés en bandes ou essaims et effectuent des migrations au cours desquelles ils peuvent couvrir des distances parfois très considérables.

Ces états biologiques sont le résultat du degré de la densité des groupements d'insectes. Un Acridien migrateur demeure dans sa phase *solitaria* tant qu'il se trouve isolé. Groupés, les individus de la phase *solitaria* se transforment dans la phase *gregaria*. Inversement, les insectes de la phase *gregaria* faisant partie des groupements denses se maintiennent dans cette phase ; mis dans les conditions d'isolement, ils se transforment dans la phase *solitaria*.

La transformation phasée se produit graduellement. Les modifications morphologiques sont aisément observées sur les larves. Une larve, partant d'une phase, peut, en fonction du degré de la densité de la population dont elle fait partie, acquérir au cours de sa vie tous les caractères de la phase opposée ou bien s'arrêter sur un aspect intermédiaire entre deux phases. Les caractères morphologiques acquis par une larve au moment de sa transformation en insecte parfait se fixent chez celui-ci. Les larves en cours de transformation et les insectes ailés présentant les caractères intermédiaires entre les phases *solitaria* et *gregaria* constituent un troisième état phasé, *phase transiens*. Le terme *transiens*, employé pour désigner les insectes dont le sens de transformation est inconnu, est remplacé par le terme *congregans* pour les insectes se transformant de la phase *solitaria* dans la phase *gregaria*, et par le terme *dissocians* pour les insectes se transformant dans le sens inverse.

La densité de population est le facteur essentiel de la transformation phasée. D'autres facteurs, tels que l'humidité et la température du milieu, la nature et la quantité de la nourriture, les excitations subies par les insectes, leur activité musculaire, leur métabolisme, ont été souvent invoqués ou expérimentés. Cependant, les modifications morphologiques et fonctionnelles observées en présence de ces facteurs, mais en dehors du facteur densité de population, ne marquent que des « tendances » de leur rapprochement des caractères propres à l'une ou à l'autre phase, sans que l'on puisse les considérer avec assurance comme un commencement de la transformation phasée et non comme une modification morphologique ou fonctionnelle qui lui est analogue mais qui en est indépendante.

Ce sont les aspects écologiques et éthologiques des phases, tout particulièrement ceux relatifs à la transformation dans la phase *gregaria* qui feront l'objet de l'exposé qui suit.

Foyers et aires grégarigènes.

Les Acridiens de la phase *solitaria* vivant isolés ne manifestent pas d'interattraction et semblent même éviter les rassemblements. Mis en présence de stations habitables étendues, leurs groupements accidentels, par exemple ceux résultant des éclosions des œufs d'une même oothèque, se disloquent rapidement. Pour que puisse être réalisée l'accumulation nécessaire à leur transformation dans la phase *gregaria* les Acridiens de la phase *solitaria* doivent être forcés à se réunir ou à se maintenir groupés.

Cette accumulation forcée se produit sous l'impulsion des facteurs écologiques qui déterminent le choix par les Acridiens de leurs stations. Les Acridiens migrateurs de la phase *solitaria* sont très sensibles aux variations du milieu habité. Ils ont tendance de ne se tenir que sur les stations qui correspondent à leurs exigences vis-à-vis du milieu et

de se soustraire aux conditions écologiques qui ne leur conviennent pas en quittant les stations devenues inhabitables ou défavorables.

Les lieux sur lesquels apparaît la phase *gregaria* sont caractérisés par l'exiguité, constante ou temporaire, des stations habitables ou préférées par les Acridiens. Ils se trouvent dans les régions qui, ordinairement, n'offrent aux Acridiens que les conditions d'existence précaires à cause de l'effet léthal du milieu sur un ou plusieurs stades de leur évolution individuelle. Le nombre d'Acridiens y est habituellement restreint; aussi, ces lieux sont également caractérisés par l'instabilité des conditions écologiques dont l'effet léthal sur les insectes peut temporairement disparaître ou s'atténuer (Uvarov, 1932; Pasquier, 1934; Bodenheimer, 1936; Zolotarevsky, 1936).

Les Acridiens placés dans de telles conditions peuvent se trouver groupés jusqu'à une densité suffisante pour leur transformation dans la phase *congregans,* et ensuite dans la phase *gregaria,* soit en pullulant pendant une période favorable à la conservation des individus sur des stations demeurées exiguës, soit en se groupant activement et demeurant sur des superficies restreintes, après avoir prospéré sur des étendues plus importantes rendues habitables grâce à une variation climatique ou écoclimatique propice mais d'un effet passager. Il en résulte le fait, à première vue paradoxal, que la phase *gregaria* apparaît non dans les régions offrant aux Acridiens des conditions constamment favorables à leur existence sur de grandes superficies et où les insectes sont communs, mais sur des lieux où, en temps ordinaire, il est souvent difficile de découvrir un seul individu.

Une station où se trouvent parfois réalisées les conditions écologiques provoquant la transformation d'une espèce dans la phase *gregaria* est appelée *foyer grégarigène* (définition adoptée par la 3e Conférence internationale pour les recherches antiacridiennes; Londres, 1934).

La superficie d'un foyer grégarigène est, par définition, restreinte. Une mare qui se dessèche, une dépression humide, ou au contraire un îlot ou une clairière ensoleillés, une bande de terrain humide en bordure d'une inondation qui se retire, peuvent constituer autant de foyers grégarigènes. L'emplacement d'un foyer grégarigène n'est très probablement que rarement permanent. Les foyers grégarigènes, individuellement ou par groupes, se forment et disparaissent, entrent en activité ou retombent dans le sommeil, au gré des incidences des facteurs qui régissent leurs caractères spécifiques.

L'ensemble des foyers grégarigènes dans une région constitue une *aire grégarigène.* Déterminée par des caractères particuliers des stations d'Acridiens qui en font les foyers grégarigènes, une aire grégarigène est généralement localisée dans une région de contact des climats différents ou dans une région subissant des variations écoclimatiques importantes (delta non stabilisé d'un fleuve, zone d'inondation, zone d'épandage d'un oued). Elle peut s'étendre sur des centaines ou même des milliers de kilomètres carrés; son emplacement et sa superficie sont généralement stables. Il est bien évident cependant qu'exceptionnellement des perturbations insolites des conditions écologiques sur n'importe quelle parcelle de l'aire d'habitat d'une espèce d'Acridien peuvent en faire une aire ou un foyer grégarigène, à condition que ces perturbations lui apportent des éléments requis par l'espèce pour la transformation de ses représentants dans la phase *gregaria.*

Mécanisme d'apparition de la phase *gregaria.*

Nous avons vu que dans les conditions naturelles de vie l'accumulation des Acridiens, quand elle se produit, est forcée et a lieu à la suite de leur pullulation sur les stations

exiguës à superficie constante, ou à la suite des déplacements individuels des insectes vers les parcelles habitables ou préférées. Le dernier mode d'accumulation est le plus répandu. Le premier mode est surtout attribué au Criquet marocain (*Dociostaurus maroccanus* Thunb). Or, d'après les observations précises (non encore publiées) de R. Pasquier, Professeur de Zoologie à l'Institut agricole d'Algérie, qui m'a amicalement autorisé à en faire état, la concentration des Criquets marocains sur les foyers grégarigènes du sud algérois se produit à la suite des déplacements de ces insectes. Cependant le même observateur note que dans d'autres secteurs existe également le premier mode d'accumulation.

Les déplacements aboutissant aux accumulations des insectes sur les foyers grégarigènes peuvent être effectués aussi bien par les insectes ailés que par les larves.

J'ai décrit les déplacements des insectes ailés du Criquet migrateur à Madagascar (1933) et au Soudan français (1938*a*). L'accumulation par déplacement des insectes ailés semble être le mode principal de rassemblement de cette espèce; en effet Predtechensky (1928) signale également l'accumulation des insectes ailés de *Locusta migratoria rossica* Uv. et Zol. en Russie centrale.

Kennedy (1939) et Volkonsky (1942) ont décrit les déplacements des insectes ailés et des larves du Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forsk) en Afrique.

Enfin, suivant les observations mentionnées plus haut, communiquées par R. Pasquier, ce sont les larves du Criquet marocain qui, écloses sur les hauteurs de l'aire grégarigène du sud algérois, descendent jusqu'à ses parties basses et s'accumulent dans les dépressions humides ou en bordure de champs cultivés, qui constituent leurs foyers grégarigènes.

Le mécanisme de transformation dans la phase *grégaria,* tel qu'il se présente à l'esprit après la lecture de ce qui précède, apparaît comme assez simple. En réalité, la transformation se fait par étapes, les insectes la subissent à leurs différents stades et avec une intensité inégale, des facteurs autres que l'accumulation forcée s'y ajoutent pour influencer le comportement des insectes en état de transformation phasée.

On peut admettre qu'un rassemblement primitif, préludant ou déterminant un rassemblement des larves, stade auquel la transformation phasée est particulièrement manifeste, est réalisé par les insectes ailés. En effet, les Acridiens ailés de la phase *solitaria,* exigeants quant au choix de leurs stations, le deviennent encore plus à l'époque des pontes (Predtechensky, 1928; Volkonsky, 1942).

Le stade ailé est généralement considéré comme immuable, fixant les caractères phasés acquis au cours de la vie larvaire. Or, certaines observations tendent à démontrer que la descendance immédiate des Acridiens de la phase présumée *solitaria* maintenus groupés (Faure, 1932; Volkonsky, 1938), et de la phase présumée *gregaria* vivant isolés (Zolotarevsky, 1933), présente dès l'éclosion des caractères de la phase opposée.

La transformation phasée semble donc affecter les Acridiens déjà dans leur stade ailé. Les observations de Volkonsky (1938) font supposer l'apparition chez les Criquets pèlerins de la phase *solitaria* maintenus groupés d'une coloration caractérisant la phase *gregaria.* Toutefois l'appartenance à la phase *solitaria* des insectes observés n'est pas certaine.

Nous ne connaissons rien sur les phénomènes phasés qui pourraient se produire durant l'incubation de l'œuf.

C'est au stade larvaire que la transformation phasée est la plus remarquable. Deux larves de la phase *solitaria* maintenues ensemble font déjà apparaître sur leurs téguments la coloration noire en taches caractérisant la phase *gregaria.* Les larves qui font, dès leur

naissance, partie d'un groupement dense peuvent acquérir, à leurs derniers âges, tous les caractères de la phase *gregaria*. Dans les cas où la transformation complète n'a lieu qu'au bout d'une série de générations, c'est au stade larvaire qu'en toute apparence elle s'achève.

Les facteurs écologiques d'accumulation des Acridiens et de leur transformation dans la phase *gregaria* étudiés par Kennedy (1939) et Volkonsky (1942) chez le Criquet pèlerin, principalement à son stade larvaire, sont classés par ces auteurs en plusieurs catégories, chaque catégorie caractérisant une étape du processus de transformation.

Kennedy en distingue trois :

1. *Concentration.* — Accroissement de la densité de population sur des superficies restreintes, qui peut être *véritable* (*Real concentration*) lorsqu'elle se produit à la suite des déplacements centripètes des insectes, ou *virtuelle* (*Virtual concentration*) lorsqu'elle est le résultat d'une pullulation locale. La concentration a lieu uniquement sous l'influence des réactions individuelles des larves vis-à-vis des facteurs extérieurs, autres que la présence de leurs congénères;

2. *Agrégation.* — Groupement des individus concentrés les mettant en contacts immédiats, mais déterminé par des facteurs extérieurs agissant sur chaque individu séparément. Ces facteurs ne sont pas identiques à ceux dont résulte la concentration, mais restent indépendants de l'interaction des individus ou du moins n'en résultent pas;

3. *Grégarisation.* — Développement du comportement grégaire comme résultat d'une agrégation intensive.

Pour Volkonsky, qui reprend avec quelques modifications la terminologie et les définitions de Kennedy, les étapes de transformation dans la phase *gregaria* sont les suivantes :

1. *Pullulation locale.* — Accroissement locale de la population qui peut être dû à une *multiplication intensive locale* ou à une *concentration* active des larves. La concentration peut être *forcée,* lorsque les espaces abandonnés ne sont plus habitables pour l'espèce, ou *préférentielle,* lorsque les espaces abandonnés sont simplement moins favorables;

2. *Agrégation.* — «Réunion intime, mais intermittente des individus sur des points déterminés de la zone de concentration, réunion occasionnée uniquement par le jeu de facteurs microclimatiques, mais au cours de laquelle des individus s'habituent progressivement au voisinage d'individus frères.»

Pendant ces deux étapes, les larves sont dans l'état de *prégrégarisation* et acquièrent progressivement les caractères de la phase *congregans :* changement de pigmentation, accroissement de mobilité, errance individuelle. A la prégrégarisation succède la *grégarisation,* qui est la formation des premières bandes caractérisées par l'errance groupée, et où intervient le phénomène d'interaction des individus.

A la lecture des travaux de ces deux auteurs, et surtout de celui de Volkonsky, il apparaît clairement que leurs définitions des deux premières étapes d'accumulation et de transformation phasée ne font pas ressortir toutes les catégories de facteurs essentiels qui les déterminent. En effet, Volkonsky, passant sous silence l'interaction possible des larves durant l'étape de pullulation locale, ne l'admet pas même à l'étape d'agrégation. Cependant il note que de la répétition «des premiers groupements au moment de l'alimentation» (et il apparaît du contexte qu'un tel groupement peut être composé de deux ou trois larves mordant au même point dans une feuille) «qui pourraient résulter d'une

attraction chimiotactique par le parenchyme végétal mis à nu, semble résulter une sorte de stimulation trophique réciproque qui se développe ensuite au cours de l'agrégation». Plus loin, évoquant l'errance individuelle, VOLKONSKY dit qu'«une stimulation motrice réciproque semble être à la base de ce phénomène». Il démontre également, par une expérimentation fort précise, que la présence dans le champ d'errance individuelle d'une cage contenant des *Schistocerca* vivants ou morts, frais ou désséchés, visibles ou masqués (dans ce cas, au moins une paroi de cage doit être perméable à l'air) provoque «dans le vent de cette cage une procession de criquets qui se dirigent vers cette cage, la parcourent en tous sens, puis s'en éloignent dans différentes directions»... «Lorsque deux ou plusieurs criquets marchent côte à côte dans le même sens leur allure s'accélère donnant lieu à une véritable course.»...

Il est difficile de donner de l'interaction des individus une image plus frappante.

Le facteur interaction intervient donc très tôt. Il ne peut être négligé, parce que la transformation phasée provoquée expérimentalement montre bien qu'il est essentiel. Mais, pour l'inclure à bon escient dans les définitions des étapes du processus de transformation phasée, il est nécessaire de lui désigner ses limites.

Il faut admettre que seule une interaction directe, provoquant les réactions immédiates des individus, joue un rôle dans le processus de la transformation phasée. Le postulat est hasardeux, parce que nous ne connaissons pas tous les moyens de perceptions directes d'insectes. Cependant des observations et des expérimentations montrent que le comportement des Acridiens n'est visiblement affecté par la présence de leurs congénères qu'à des distances relativement courtes, ne dépassant pas en toute apparence les limites de leurs perceptions visuelles, olfactives ou tactiles (ces dernières immédiates ou médiates).

Dans ces conditions, le processus d'accumulation et de transformation dans la phase *gregaria* peut être divisé en trois étapes :

1. *Pullulation.* — Étape de condensation des individus uniquement sous l'influence des facteurs extérieurs indépendants de l'interaction des individus. Cette étape est préliminaire et n'entraîne pas de manifestations phasées.

2. *Prégrégarisation.* — Étape de condensation des individus sous l'influence dominante des facteurs extérieurs indépendants de l'interaction des individus, mais au cours de laquelle l'interaction intervient également en affectant le comportement des insectes et en provoquant l'apparition des manifestations de la phase *congregans* (changement de coloration et de caractères structuraux, augmentation de mobilité, errance individuelle).

3. *Grégarisation.* — Étape de condensation sous l'influence prédominante des facteurs nés de l'interaction des individus, pendant laquelle apparaissent les manifestations de la phase *gregaria* (coloration, structure, interattraction et comportement grégaire qui en résulte) qui peuvent masquer ou même faire obstacle à l'influence des facteurs extérieurs indépendants de l'interaction des individus.

Le processus de la transformation dans la phase *gregaria*, qui a lieu durant les deuxième et troisième étapes, peut présenter une infinité de cas particuliers allant d'une condensation favorisant la rencontre de deux individus mordant à un même point dans une feuille de plante nourricière, réfugiés sous un même abri, ou se chauffant sur une même parcelle de support ensoleillée, jusqu'à une formation soudaine d'un groupement dense d'une foule d'individus.

La transformation phasée déclenchée peut donc être lente ou rapide, elle peut s'étendre sur plusieurs générations ou évoluer et s'achever au cours d'une seule.

La condensation des individus qui prépare ou fait déclencher la transformation dans la phase *gregaria* peut se produire à n'importe quel stade d'évolution individuelle des insectes. Le stade de l'œuf ne doit pas être éliminé : la condensation à ce stade peut se produire à la suite des pontes échelonnées, déposées au même endroit par des femelles le visitant à différentes époques sans s'y être trouvées simultanément.

Envergure des déplacements des insectes de la phase *solitaria*.

Nous avons vu que la condensation primitive des Acridiens de la phase *solitaria* qui prépare le déclenchement du phénomène phasé se produit principalement à la suite des déplacements individuels. L'envergure de ces déplacements a donc une signification capitale pour définir l'étendue d'une aire d'habitat d'un Acridien dont la population peut se réunir sur un foyer grégarigène.

En ce qui concerne les déplacements au stade larvaire, leur étendue est réduite tout au plus à quelques centaines de mètres à cause de la lenteur de déplacement des larves et à cause de la dépendance de leur comportement des facteurs microclimatiques. Ces déplacements ont lieu dans les limites d'un foyer grégarigène ou ne dépassent pas son voisinage immédiat.

Il n'en est pas de même pour les insectes ailés. Des observations sur les déplacements des Acridiens ailés de la phase *solitaria* montrent que les distances couvertes par eux varient de quelques centaines de mètres (Zolotarevsky, 1934), à quelques dizaines de kilomètres (Ramchandra Rao, 1938 ; Murat, 1939).

Certains auteurs tendent à affirmer l'existence de véritables migrations s'étendant sur des distances beaucoup plus grandes, atteignant des centaines et même des milliers de kilomètres (Ramchandra Rao, 1938, 1939 ; Volkonsky, 1940 ; Waloff, 1940). Cependant, ces auteurs parlent ou bien des insectes « isolés ou en petits groupes », sans donner leurs caractéristiques qui permettraient d'affirmer leur appartenance réelle à la phase *solitaria* que leur présence « en petits groupes » rend fort douteuse, ou bien des insectes qu'ils considèrent eux-mêmes comme faisant ou ayant fait partie des groupements de la phase *congregans* (Volkonsky, l. c.), ou dérivant des invasions massives (Waloff, l. c.).

Les observations de Mlle Waloff sont pour nous particulièrement intéressantes parce qu'elles concernent les migrations de *Locusta migratoria L.* en Europe. Dans son étude très documentée, sur laquelle nous reviendrons dans le chapitre concernant cette espèce, l'auteur donne des caractères somatométriques de 44 individus capturés en Grande-Bretagne pendant la période 1846-1939. Tous ces individus, sauf trois, sont incontestablement de la phase *gregaria* ou *transiens* et sont classés comme tels par l'auteur. Trois individus classés comme étant de la phase *solitaria* en ont les caractères somatométriques.

Des considérations fort pertinentes de l'auteur semblent bien prouver l'origine étrangère, continentale, des insectes capturés en Grande-Bretagne. La provenance continentale de ces insectes peut être raisonnablement admise pour ceux de la phase *congregans*, et surtout de la *dissocians*, pour lesquels l'apparition précoce ou la persistance de l'errance furent déjà constatées (Kennedy, 1939 ; Volkonsky, 1942). Toutefois, le doute persiste en ce qui concerne les individus classés phase *solitaria*, capturés : un en août 1898 sur l'île Aran en Irlande du Nord, un également en août 1898 dans le Suffolk, et un en septembre 1938 dans le nord des îles Orcades. Aucune larve de *Locusta migratoria*

n'a jamais été observée en Grande-Bretagne, mais des femelles portant les œufs développés ont été vues et il n'est pas impossible que dans des cas exceptionnels un cycle complet d'évolution individuelle des Criquets migrateurs puisse y avoir lieu.

Il n'y a donc eu jusqu'à présent aucune preuve des migrations sur de grandes distances des Acridiens de la phase *solitaria*. Les déplacements qui ont pu être constatés, ou dont la réalité semble être rendue évidente par des inductions probantes, sont limitées aux déplacements entre deux stations immédiatement voisines ou aux nomadisations entre deux régions qui peuvent ne pas présenter de continuité de transition des conditions écologiques, mais qui sont cependant suffisamment rapprochées pour permettre aux insectes de percevoir directement les phénomènes atmosphériques qui y ont lieu (par courants d'air chargés d'humidité, différence de nébulosité ou d'éclairement de l'atmosphère, éclairs et autres phénomènes d'orage, etc...).

Le dernier cas semble être commun pour le Criquet pèlerin qui se comporterait alors d'une façon identique à celle de beaucoup d'autres animaux sauvages ou domestiqués vivant dans les régions prédésertiques et désertiques (Murat, 1939).

L'admission de la possibilité pour les Acridiens ailés de la phase *solitaria* de se déplacer entre deux ou plusieurs stations séparées par des superficies inhabitables ou évitées complique les conceptions d'un foyer grégarigène et de ses rapports avec les autres stations d'une aire grégarigène. Il est en effet possible d'imaginer une augmentation de population sur des stations qui, temporairement ou en permanence, ne sont pas foyers grégarigènes mais qui peuvent cependant être des lieux de pullulation d'où les insectes se transportent sur d'autres stations, qui, temporairement ou en permanence, offrent les conditions écologiques nécessaires pour la transformation dans la phase *gregaria*. Différentes stations d'une aire grégarigène peuvent donc constituer un réseau dans lequel certaines stations sont ou deviennent foyers grégarigènes alors que les autres constituent une aire de pullulation auxiliaire (Zolotarevsky, 1938).

Nature du phénomène des phases.

Les connaissances acquises sur les manifestations phasées permettent déjà de s'en servir pour organiser la lutte rationnelle contre certaines espèces d'Acridiens dans leurs aires grégarigènes. Cependant, la nature du phénomène des phases, ainsi que sa place dans le cycle biologique des êtres animés, ne sont pas encore définies.

Ses bases biologiques appliquées aux Acridiens sont exposées dans plusieurs ouvrages devenus classiques d'Uvarov. Plusieurs autres auteurs se sont attachés à analyser les manifestations phasées en les considérant dans le cadre des tropismes ou des manifestations fonctionnelles. Toutes ces études donnent des explications parfois fort plausibles des manifestations phasées mais n'éclaircissent pas la notion du phénomène.

Le phénomène des phases ne semble pas être une particularité biologique réservée exclusivement aux Acridiens migrateurs. L'apparition de la pigmentation noire qui accompagne la transformation dans la phase *gregaria* a été observée chez les Acridiens sédentaires maintenus groupés (Rubtzov, 1935, et auteurs par lui cités). Chopard (1935) relate le mélanisme des *Tettigoniidae* se trouvant groupés à la suite d'une pullulation. Faure (1943) signale le mélanisme chez les larves grégaires des Lépidoptères (*Laphygma exempta* Walk). Le mélanisme est une des manifestations du métabolisme. Il est observé chez un grand nombre d'insectes et Rubtzov a bien démontré que, même chez les Acridiens, il n'est pas toujours lié au phénomène des phases.

D'autres particularités fonctionnelles phasées des Acridiens sont également de l'ordre

des manifestations physiologiques qui peuvent être observées chez bien d'autres êtres vivants.

Le comportement grégaire intermittent et les migrations à longues distances sont également très répandus dans le règne animal.

Toutes ces manifestations de vie sont elles-mêmes des extériorisations des phénomènes dont bon nombre attend encore une définition. Or, la nature du phénomène des phases devra être définie en fonction de ces phénomènes et non en fonction de leurs manifestations.

S'il est évident que certains phénomènes qui accompagnent les transformations phasées ne leur sont pas spécifiques, il n'en paraît pas moins probant que l'absence d'un d'entre eux, et en particulier l'absence des modifications morphologiques, ne signifie nullement le défaut du phénomène des phases qui très probablement existe bien au delà du cadre des Acridiens migrateurs. Cependant, les Acridiens migrateurs constituent un matériel de choix pour l'étude de ce phénomène, parce que toutes ses manifestations qui paraissent essentielles peuvent y être observées chez une même espèce en un laps de temps très réduit.

Les facteurs extérieurs autres que l'interaction des individus ne jouent dans le phénomène des phases qu'un rôle auxiliaire, ils préparent ou déclenchent les phénomènes d'interaction qui sont, eux, à la base du phénomène des phases.

Dans ces conditions, le phénomène des phases peut être désigné comme un état biologique instable des individus d'une espèce dont les variations se manifestent par leurs physiologie, comportement ou aspect en fonction des modalités de leur interaction.

Criquet migrateur en Europe et notamment en France.

Uvarov (1921) a établi que trois espèces du Genre *Locusta* décrites auparavant : *L. migratoria* L., *L. danica* L., et *L. migratorioides* Rch. et Frm., ne constituent qu'une seule espèce qui, par la loi de priorité, devait conserver le nom de *Locusta migratoria* L. (Criquet migrateur). Il a proposé, pour désigner les phases de cette espèce, l'emploi des noms sous lesquels les représentants de ses différentes phases furent décrits comme espèces distinctes.

Plus tard, lorsque le phénomène des phases fut reconnu chez tous les Acridiens migrateurs et lorsqu'il fut établi qu'il existe plusieurs groupes géographiques morphologiquement distincts du Criquet migrateur, il a été proposé (Uvarov et Zolotarevsky, 1929) de considérer ces groupes comme sous-espèces. Une nomenclature trinominale a été établie, où, pour les groupes déjà décrits comme espèces, l'ancien nom d'espèce est retenu comme nom de sous-espèce du groupe d'où provient le type.

Les sous-espèces distinguées actuellement en Europe sont les suivantes :

Locusta migratoria migratoria L. : de la région pontocaspienne ;

Locusta migratoria rossica Uv. et Zol., décrite en Russie centrale (Predtechensky, 1928).

Des colonies endémiques de cette dernière sous-espèce et de ses races alliées sont signalées disséminées en Autriche, Allemagne, Suisse et très probablement en France (Savoie). Une « race » méditerranéenne occidentale, intermédiaire entre *L. m. migratoria* et *L. m. rossica* occupe le sud de la France et l'Italie (Waloff, 1940).

L'occasion ne s'est encore pas présentée d'étudier le groupe d'Europe septentrionale ;

si ce groupe constituait une sous-espèce distincte, il devrait recevoir le nom de *Locusta migratoria danica* L.

La désignation de la phase doit être jointe au nom de chacune de ces sous-espèces suivant les règles rappelées dans le chapitre traitant des phases. Il est donc abusif de désigner les phases du Criquet migrateur, comme cela est encore quelquefois pratiqué, par les dénominations *danica* et *migratoria* qui n'ont aucun rapport avec les phases.

Le Criquet migrateur est répandu dans toute l'Europe située au Sud de 60° N. Espèce habitant normalement les prairies sèches et évitant la forêt, le Criquet migrateur se rencontre partout sur des stations où il trouve les conditions écologiques se rapprochant de son milieu préféré. Dans la steppe aride, il occupe les abords des mares et les dépressions humides, dans les régions humides ou boisées, il se tient sur des parcelles de terrain sèches généralement sablonneuses, ou sur des clairières ensoleillées.

L'apparition de la phase *gregaria* du Criquet migrateur et ses invasions sont très fréquentes en Europe sud-orientale où les aires grégarigènes de *L. m. migratoria* sont situées dans les deltas des fleuves des régions steppiques ou semi-désertiques avoisinant les mers Caspienne et Noire. Mlle Waloff dont le précieux ouvrage, déjà rappelé plus haut, servira de source principale de la documentation qui suit, en distingue trois groupes : *Caspien, Pontien-oriental, Pontien occidental.*

Ce sont des invasions provenant du groupe pontien occidental qui s'étendent sur l'Europe centrale et sur le Nord et le Nord-Ouest européen, où des individus isolés de *L. m. migratoria* ont été constatés jusqu'au Jutland (Zolotarevsky, 1933) et sur les Iles britanniques.

Des insectes qui pourraient provenir des aires grégarigènes du groupe pontien occidental furent enregistrés en France aux dates suivantes : en 1339 (Alsace et l'Est de la France, invasion); en automne 1748 (isolés); en 1847 (Cherbourg, isolés); en septembre 1921 (Bueil, Normandie, isolés). Il convient très probablement de joindre à cette catégorie l'insecte capturé par Lacaze sur les fortifications de Paris, signalé par Brisout de Barneville (1848).

Les invasions dues à la transformation phasée de *L. m. rossica* et ses «races» alliées sont rares. Mlle Waloff en signale une en 1850 dans la Savoie, sur la rive gauche de l'Isère, près de Saint-Pierre-d'Albigny, et une dans la vallée de la Romanche au voisinage de Bourg-d'Oisans, provenant du cours supérieur du Rhône en territoire suisse. Cependant, l'identité de ces invasions restera probablement pour toujours obscure. En effet, il semble bien qu'il n'existe pas d'échantillons qui permettraient de s'assurer de leur appartenance à une sous-espèce ou race endémique. En outre, les incursions profondes en Europe des individus de *L. m. migratoria* provenant du groupe grégarigène pontien occidental laissent la liberté d'admettre qu'il puisse en résulter en Europe des colonies sédentarisées temporaires, qui persisteraient en individus s'étant transformés dans la phase *solitaria* et dont la descendance, les conditions écologiques propices aidant, se transformerait à nouveau dans la phase *gregaria*.

Il n'y a aucune étude sur les conditions de l'apparition en France ou en Europe centrale des invasions partant des colonies de Criquets migrateurs endémiques.

Predtechensky (1928), qui a étudié une invasion de *L. m. rossica* dont il a établi l'endémisme en Russie centrale, situe l'aire grégarigène de cette colonie dans une région qui est trop froide et trop humide pour cette espèce. Les Criquets migrateurs ne survivent d'une année à l'autre dans cette région assez boisée que sur des plateaux surélevés et découverts à sol sablonneux garni d'herbe peu dense. Ils ne peuplent normalement

que les îlots secs et chauds des formes positives du relief; leur présence dans des dépressions n'est que temporaire et accidentelle. Les insectes ailés s'accumulent à l'époque de pontes sur les stations typiques de l'espèce. «Les réserves où la transformation dans la phase grégaire a lieu à partir du commencement de la période optimale jusqu'à l'émigration en masse sont rigoureusement liées aux endroits à grandes superficies de sols purement sableux, sur lesquelles ces réserves sont localisées.»

Après avoir étudié le climat régional, Predtechensky conclue que dans les conditions locales le Criquet migrateur est un insecte xérophile typique et que sa pullulation n'y est possible que pendant les années sèches et chaudes.

Il est évident que les éléments écologiques comparables à ceux de l'aire grégarigène de *L. m. rossica* en Russie centrale peuvent se réaliser dans d'autres contrées européennes, soit dans les régions à climat similaire, soit dans des régions ayant un climat et une végétation différents mais offrant aux Criquets migrateurs qui s'y tiennent des conditions écologiques requises pour en faire des aires grégarigènes.

Le climat européen est généralement trop humide et trop froid pour le Criquet migrateur qui ne s'y reproduit normalement qu'en une génération annuelle, avec une période de diapause à l'état d'œuf s'étendant de juillet ou août jusqu'en avril ou mai de l'année suivante. C'est donc pendant les années exceptionnellement sèches et chaudes que cette espèce peut trouver en Europe les conditions favorables à la survie de ses individus et à leur augmentation en nombre, soit à cause de l'augmentation du nombre de générations, ce qui est peu probable, soit à cause des pontes répétées et échelonnées mais dont les œufs écloront simultanément l'année suivante.

Invasion de 1945 dans la Gironde.

L'invasion dans la Gironde observée en 1945 a donc pu résulter soit d'une pullulation des Criquets migrateurs d'une colonie endémique locale, soit d'une colonie temporaire qui aurait à l'origine des insectes venus d'une autre colonie européenne ou d'une des aires grégarigènes du groupe pontien occidental. Il semble bien en effet qu'il faut écarter la possibilité d'une arrivée dans la Gironde d'essaims importants de la phase *gregaria* qui auraient certainement été aperçus.

Provenant d'individus isolés, cette invasion n'aurait pas pu avoir lieu sans que la région où apparurent les premières bandes n'offre à l'espèce les conditions nécessaires à sa pullulation. Or, nous retrouvons dans la description mentionnée au début de cet exposé (Carayon, 1945) tous les éléments que Predtechensky considère comme nécessaires pour la constitution et l'activité des foyers grégarigènes de *L. m. rossica* en Russie centrale : «des endroits déserts de la lande», «des vastes clairières que les incendies de ces dernières années ont ouvertes dans la forêt des pins», enfin «la sécheresse exceptionnelle des trois dernières années».

Il est certes trop tard pour étudier en détail le mécanisme d'apparition de l'invasion de 1945. Toutefois, si les emplacements des premiers groupements ont pu être repérés, ce qui est peu probable parce que ces groupements ont dû se produire en 1944 ou même en 1943, leur étude écoclimatique et microclimatique donnerait des indications très précieuses. En tout état de cause, une étude des conditions climatiques de la région pendant les années de sécheresse, et de son état actuel, comparée aux éléments de son état avant cette période, est nécessaire pour se rendre compte de facteurs probables de la transformation phasée qui y est survenue.

En outre, si cette région se trouve vidée des bandes grégaires, il serait encore possible de surprendre quelques foyers grégarigènes en activité, même si les conditions actuelles ne permettent pas aux insectes qui s'y trouvent d'accomplir une transformation complète.

Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner de près les échantillons d'insectes provenant des essaims qui ont pris naissance dans la Gironde. Cependant ,les insectes que j'ai pu voir à la Station centrale de Zoologie Agricole du Centre National de Recherches Agronomiques de Versailles (captures de MM. Arnoux et Remaudière) et au Muséum National d'Histoire Naturelle (captures de M. Carayon), m'ont frappé par leurs taille et aspect qui semblent les différencier nettement de *L. m. rossica,* sous-espèce à laquelle l'on serait tenté de les rattacher. Si cette impression était justifiée, la colonie girondine pourrait être : 1° endémique autonome; 2° endémique faisant partie ou étant alliée à la «race» méditerranéenne occidentale; 4° temporaire provenant des émigrés du groupe de foyers grégarigènes pontien occidental.

La dernière supposition semble être assez hasardeuse. En effet, la documentation publiée par Mlle Waloff montre bien que l'Europe occidentale est touchée par les invasions de *L. m. migratoria* exclusivement dans sa partie septentrionale. Le matériel qui le prouve n'est pas abondant, mais ne présente pas d'exceptions. En outre, l'aspect des insectes provenant de la Gironde est nettement distinct de celui de *L. m. migratoria.*

En dehors de la Gironde, des recherches devraient être faites dans le delta du Rhône d'où il m'a été donné d'apercevoir, grâce à l'amabilité de M. Chauvin, quelques exemplaires dont certains présentaient des caractères incontestables de la phase *transiens* et étaient assez nombreux pour éveiller la curiosité.

Les recherches ne devraient pas être limitées à ces deux régions. La faune des Criquets migrateurs en France et les conditions de leur vie dans différentes régions devraient être également étudiées pour établir les affinités de différentes colonies et pour pouvoir présumer des possibilités d'existence des aires grégarigènes autres que celles de la Gironde.

Le problème posé par l'invasion du Criquet migrateur dans la Gironde est complexe. Il présente une grande importance économique. Ce problème est aussi d'un haut intérêt scientifique parce que l'invasion girondine nous a mis en présence d'un phénomène biologique de grande portée entrant dans le vaste cadre du problème de l'interaction des individus qui provoque chez ces derniers des réactions relevant des phénomènes sociaux.

BIBLIOGRAPHIE.

(Les ouvrages marqués d'un astérisque contiennent d'importantes listes bibliographiques.)

1936. Bodenheimer (F. S.). — Factors controlling locust populations «*Proc. of the Fourth International locust Conference*». — Le Caire.

1848. Brisout de Barneville (L.). — Capture d'Acridium migratorium près de Sceaux. (*Ann. Soc. Entomol. de France*), *Bull.*, p. LIV, Paris.

1945. Carayon (J.). — Les nuages de Criquets migrateurs en Gironde pendant l'été 1945. (*La Nature*, n° 3099, Paris.)

1941. * Chauvin (R.). — Contribution à l'étude physiologique du Criquet pèlerin et du déterminisme des phénomènes grégaires. — Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. (*Ann. de la Société Entom. de France*, t. CX, Paris.)

1935. Chopard (L.). — Le phénomène des phases existe-t-il à un état rudimentaire chez certains orthoptères. (*Bull. de la Société d'Histoire nationale de l'Afrique du Nord*, t. XXVI, Alger.)

1923. Faure (J. C.). — The life history of brown locust. (*Bull. Transvaal Univ. Coll.*, n° 4, Pretoria.)

1932. * Faure (J. C.). — The phases of locusts in South Africa. (*Bull. of Entomol. Research*, vol. 23, pt. 3, London.)

1943. Faure (J. C.). — Phases variation in the Army worm *Laphygma exempta* (Walk). (*Sc. Bull. n° 234*, Dept. of Agr. and Forestry, Union of South Africa, Pretoria.)

1939. * Kennely (J. C.). — The behaviour of the Desert Locust (*Schistocerca gregaria* Forsk) [Orthopt.] in an outbreak centre. (*The transactions of R. Entom. Soc. of London*, V., 89, p. 10.)

1939. Murat (M.). — Recherches sur le Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forsk, *Acrididae*) en Mauritanie occidentale (A. O. F.) et au Sahara espagnol, années 1937 et 1938. (*Bull. de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, t. XXX, Alger.)

1934. Pasquier (R.). — Contribution à l'étude du Criquet marocain (*Dociostaurus maroccanus* Thunb). En Afrique mineure. (*Bull. de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, t. XXV, Alger.)

1942. Pasquier (R.). — Prévision et périodicité des invasions de la Sauterelle pèlerine en Afrique du Nord. (*Bulletin de la Société des Agriculteurs d'Algérie*, n° 509, Alger.)

1928. Predtechensky (S. A.). — *Locusta migratoria* L. in central Russia. (*Reports of the Bureau of Appl. Entom.*, vol. III, n° 2, Leningrad.) [En russe avec un résumé en anglais.]

1935. Rubtzov (I. A.). — Phase variation in non-swarming grasshoppers. (*Bull. of Entomological Research*, vol. 26, pt. 4, London.

1938. Ramchandra Rao (Y.). — A further note on studies of migration among the solitaries of locusta in N.-W. India 1936-1936. (*C. R. de la V*e *Conférence internationale pour les Recherches antiacridiennes*, Bruxelles.)

1939. Ramchandra Rao, Y. and Desray Bhatia. — Probability of seasonal migration among the solitary phase individuals of *Locusta migratoria* in North-West India. (*The Indian Journal of Agricultural Science*, vol. IX, pt. 1, Delhi.)

1921. Uvarov (B. P.). — A revision of the Genus *Locusta* L. (*Pachytylus* Fieb.) with a new theory as to the periodicity and migrations of Locusts. (*Bull. of Entomological Research*, vol. XII, p. 2, London.)

1928. *Uvarov (B. P.). — Locusts and Grasshoppers. (*A Handbook for their Study and Control*, London.)

1932. Uvarov (B. P.). — Ecological studies on the maroccan Locust in Western Anatolia. (*Bull. of Entomological Research*, vol. XXII, pt. 2, London.)

1929. Uvarov (B. P.) and Zolotarevsky (B. N.). — Phases of Locusta and their interrelations. (*Bulletin of Entomological Research*, vol. XX, pt. 3, London.)

1938. Volkonsky (M.). — Possibilité de changement de phase à l'état imaginal chez le Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forsk). [*C. R. des séances de la Société de Biologie*, t. CXXVII, Paris.)

1940. Volkonsky (M. A. et M. T.). — Une mission d'étude des Acridiens dans la Colonie du Niger (Aïr et Tamesna) et le Sud algérien (Hoggar). (*Arch. de l'Institut Pasteur d'Algérie*, t. XVIII, n° 1, Alger.)

1942. Volkonsky (M.). — Observations sur le comportement du Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forsk) dans le Sahara algéro-nigérien. (*Arch. de l'Institut Pasteur d'Algérie*, t. XX, n° 3, Alger.)

1940. *Waloff (Z. V.). — The distribution and migrations of *Locusta* in Europe. (*Bull. of Entomological Research*, vol. 31, pt. 3, London.)

1933. * Zolotarevsky (B. N.). — Contribution à l'étude biologique du Criquet migrateur (*Locusta migratoria capito* Sauss.) dans ses foyers permanents. (*Annales des Epiphyties*, n°s 1 et 2, Paris.)

1934. Zolotarevsky (B. N.). — Aires grégarigènes et facteurs de transformation de la phase solitaire des Acridiens migrateurs dans la phase grégaire. (*Proc. 3d Intern. Locust Conf.*, London.)

1936. Zolotarevsky (B. N.). — Étude de la phase solitaire des Acridiens dans les aires et foyers grégarigènes. (*C. R. de la IVe Conférence internationale pour les recherches antiacridiennes*, Le Caire.)

1938. Zolotarevsky (B.). — Les subdivisions des aires grégarigènes et leur rôle dans la transformation des phases. (*C. R. de la Ve Conférence pour les Recherches antiacridiennes*, Bruxelles.)

1938. Zolotarevsky (B.). — Recherches sur les foyers grégarigènes du Criquet migrateur africain [*Locusta migratoria migratorioides* Rch et Frm.] Orth. (*Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, t. XXIX, Alger.)

ACTION DES TEMPÉRATURES CONSTANTES OU VARIABLES SUR LE DÉVELOPPEMENT D'UN HÉMIPTÈRE : *Eurydema ornatum* L. (*Pentat.*)

par L. Bonnemaison,
Directeur de Laboratoire à la Station centrale de Zoologie agricole.

SOMMAIRE.

I. Introduction.

Un grand nombre de recherches ont été consacrées à l'étude de l'action de divers facteurs physiques et plus particulièrement de la température, sur le développement des Insectes. Cependant les résultats obtenus ont été très variés et les opinions diffèrent notablement quant à leur interprétation.

Avant d'étudier l'influence de la température sur le développement de l'Insecte, il convient de définir ce que l'on désigne sous le terme de « développement ».

Selon JANISCH (1930) le développement d'un organisme s'étend depuis le commencement de la vie embryonnaire jusqu'à la mort normale consécutive à la vieillesse.

UVAROV (1931) a fait remarquer que le développement ainsi défini englobe plusieurs processus entièrement différents, tels que la formation de l'embryon, la croissance des larves, l'histolyse et l'histogénèse des organes, la maturité sexuelle et la sénilité; il est assez spécieux de considérer cette dernière période comme faisant partie du développement général de l'insecte.

D'après UVAROV, le développement s'étend du début de la formation de l'embryon à la maturité sexuelle. Cette conception me paraît de beaucoup préférable à celle de JANISCH; encore convient-il de noter que la maturité sexuelle ne se produit pas régulièrement au même moment pour des insectes de même origine et élevés dans des conditions de milieu identiques; il existe fréquemment des variations individuelles importantes et les insectes restant inféconds pendant toute leur existence ne constituent pas une rareté.

Il est souvent très difficile de préciser le moment où commence la formation de l'embryon, en particulier pour des insectes vivipares tels que les Aphides. La maturité sexuelle est également difficile à déterminer puisqu'il est nécessaire que le mâle et la femelle soient à la fois aptes à la reproduction; en fait la maturité sexuelle des deux sexes est déterminée par la maturité de celui dont le développement est le plus lent, le sexe femelle dans la plupart des cas. Chez les insectes, la première ponte suit souvent de très près la première fécondation.

Il découle de ceci que la détermination précise de la durée du développement total doit porter de préférence sur la femelle; elle sera définie par le laps de temps s'étendant de la naissance (ponte ou émission de la larve pour les animaux vivipares), jusqu'à la première ponte ou la production de la première larve.

Le présent travail a porté sur la Punaise ornée du Chou (*Eurydema ornatum* L.) qui se multiplie parfois abondamment sur diverses Crucifères et plus particulièrement sur les Choux-Fleurs, les Choux communs et les Choux de Bruxelles [1].

Cet insecte hiverne à l'état adulte sous les feuilles mortes, les pierres et les mottes de terre; la vie active commence vers la fin du mois de mars dans la région parisienne. Les punaises effectuent de nombreuses piqûres sur les plantes-hôtes puis s'accouplent cinq à douze jours après avoir quitté leur retraite hivernale. Les œufs sont déposés sur les feuilles et les tiges en paquets de douze disposés sur deux rangées; chaque femelle pond en moyenne à six ou sept reprises ce qui fait un total de 72 à 84 œufs; certaines femelles ont donné au laboratoire jusqu'à 23 pontes.

Ces œufs donnent naissance à des larves qui muent quatre fois avant d'aboutir à l'état adulte. Les adultes de première génération apparaissent du début de juillet jusqu'à la fin du mois d'août, se nourrissent pendant quelques jours puis entrent en diapause; ils se dissimulent dans les anfractuosités du sol et restent immobiles jusqu'au printemps suivant. Cependant, un petit nombre d'individus ne subissent pas de diapause, s'accouplent et donnent naissance à une seconde génération d'adultes qui entrent en diapause et hivernent dans les mêmes conditions que les individus de première génération. Il existe une différence très marquée dans l'intensité de la diapause affectant les deux générations. Celle des insectes de première génération est très faible; il suffit de mettre

[1] L'étude morphologique et biologique d'*E. ornatum* sera publiée ultérieurement.

les larves au dernier stade et les jeunes adultes dans une cage grillagée, placée en plein air, et bien éclairée pour que tous les insectes se reproduisent. Par contre la diapause des insectes de deuxième génération se produit aussi bien pour les insectes élevés en plein air que pour ceux placés dans des étuves réglées à des températures constantes de 20 et 24°; cette diapause n'est rompue que par un séjour de quelques semaines à la glacière.

J'ai cependant obtenu en 1945 quelques insectes de troisième génération par l'élevage continu en étuve à température constante. Ces punaises ont actuellement donné dix générations successives sans présenter le phénomène de diapause.

Les expériences poursuivies sur *E. ornatum* ont eu pour buts :

1° De rechercher l'influence de différentes températures constantes sur le développement de l'Insecte et de déterminer parmi les diverses formules mathématiques qui ont été proposées pour la représentation des courbes de développement, celle qui s'applique le mieux aux résultats obtenus.

2° D'étudier les différences de rapidité de développement existant entre les Insectes élevés à des températures constantes et ceux soumis pendant 7 h. 30 à une certaine température constante et pendant 16 h. 30 à une autre température constante (élevage à des températures alternées).

3° De rechercher dans quelle mesure ces résultats peuvent s'appliquer à la détermination de la durée du développement des Insectes élevés en plein air.

II. Modes d'élevage.

La lumière ne semble pas modifier d'une manière sensible la rapidité de croissance de l'Insecte. Les Punaises placées dans des étuves recevant une faible lumière se développent de la même manière et effectuent sensiblement le mêmc nombre de piqûres sur la plante-hôte que celles élevées à la même température dans un endroit bien éclairé; cependant les adultes élevés à l'obscurité complète restent immobiles et s'alimentent très peu au bout de trois à quatre semaines.

Une humidité excessive est défavorable; les Punaises placées dans un milieu où l'humidité relative est de 90 à 100 p. 100 s'alimentent moins et meurent plus rapidement que celles placées à une humidité de 70 à 80 p. 100; l'optimum semble se situer entre 70 et 75 p. 100 d'humidité.

Les élevages aux températures constantes et aux températures alternées ont tous été réalisés dans des étuves recevant le même éclairage; les œufs et les larves au 1er stade étaient mis dans des boîtes de Pétri dont le fond était garni d'une rondelle de papier buvard destiné à absorber les excréments; l'alimentation des larves et l'humidité du milieu étaient obtenues en plaçant dans chaque boîte un morceau de feuille de Chou, ayant sensiblement le même âge et la même dimension; les feuilles étaient changées tous les jours[1]. Les larves plus âgées et les adultes étaient placés dans de petites cages constituées par des cônes de rhodoïd, recouverts à la partie supérieure d'une mousseline et fermés à la partie inférieure par un bouchon; ce bouchon était perforé afin de permettre au pétiole de la jeune feuille de Chou de plonger dans l'eau contenue dans un flacon.

[1] Je tiens à remercier ici MM. Bigault et Vieuix, aides techniques à la Station centrale de Zoologie agricole pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apportée dans la réalisation des élevages.

III. Développement de l'Œuf et des Larves d'*E. ornatum* à différentes températures constantes.

L'étude de l'action de différentes températures constantes sur le développement des œufs et des stades larvaires a été faite à partir des pontes provenant de couples élevés en lignée pure depuis trois générations dans des cages placées en plein air. Les géniteurs appartenant à la quatrième génération ont été élevés à une température constante de 23°; matin et soir, ces insectes étaient examinés et les pontes récoltées; l'éclosion et les mûes étaient notées à 9 heures et à 17 heures.

Le temps nécessaire au développement des divers stades d'*E. ornatum* n'est pas le même pour les deux générations; tous les résultats mentionnés dans ce travail s'appliquent à la cinquième génération qui correspond à la seconde génération de l'année.

Les élevages ont porté sur 2.520 œufs; dans la plupart des cas, les insectes provenant d'une même ponte étaient élevés ensemble; une centaine d'individus ont été élevés isolément en boîte de Pétri afin de mieux observer les variations individuelles de la durée de développement.

Le tableau 1 indique les chiffres moyens obtenus par l'élevage de 9 à 45 pontes à différentes températures constantes [1].

TABLEAU 1.

Durée de développement en jours des œufs et des larves d'E. Ornatum.

STADE.	TEMPÉRATURES CONSTANTES DE : 36°	34°	31°	27°	24°	23°	21°	20°	19°	17°	15°
Œuf	4,5	4,8	4,6	5,8	7,4	8,0	10,0	11,0	13,0	18,0	26,5
1er stade	1,8	1,7	1,9	2,6	3,5	4,0	5,5	5,8	7,0	9,0	
2e stade		3,7	4,5	6,3	7,8	8,1	12,5	14,2			
3e stade		3,1	3,6	4,7	6,3	6,9	8,5	9,0			
4e stade		3,6	4,2	5,4	6,8	7,1	9,0	10,0			
5e stade		7,2	7,4	9,2	11,7	12,5	15,2	17,8			
TOTAL		23,6	26,2	34,0	43,5	46,6	60,7	67,8			

L'examen de ce tableau semble montrer que pour les températures comprises entre 18 et 30°, la durée du développement des divers stades diminue d'une manière très régulière au fur et à mesure que la température s'élève.

Mais l'élevage de pontes et de larves isolées met en évidence une certaine fluctuation individuelle dans la durée des divers stades; cette variabilité a été constatée à toutes les températures pour les Punaises issues d'une même ponte; elle est plus ou moins marquée suivant les stades.

C'est l'incubation qui montre les fluctuations les plus faibles; le plus souvent l'éclosion des œufs d'une même ponte s'échelonne sur quelques heures, mais des différences assez marquées se produisent entre les pontes d'un même couple ou entre celles de deux couples différents et plus rarement entre les individus d'une même ponte.

L'importance des variations dans la durée de l'incubation des pontes est indiquée ci-dessous;

[1] Les mâles se développant généralement un peu plus rapidement que les femelles, les chiffres mentionnés pour la durée totale du développement ne concernent que les femelles.

Tableau 2.

Variations de la durée de l'incubation exprimée en jours à différentes températures.

TEMPÉRATURES.										
36°	34°	31°	27°	24°	23°	21°	20°	19°	17°	15°
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.5 ± 0,5	4,3 ± 0,6	4,6 ± 0,6	5,8 ± 0,6	7,4 ± 0,5	8,0 ± 0,5	10,0 ± 0,3	11,0 ± 0,5	13,0 ± 0,8	18,0 ± 1,0	26,5 ± 1,0

L'examen de ces chiffres montre que les fluctuations sont presqu'aussi importantes aux températures élevées qu'aux températures basses en valeur absolue et, qu'en valeur relative, elles deviennent considérables aux hautes températures.

Les variations de la durée du développement sont un peu plus marquées en ce qui concerne les larves au premier et au deuxième stades. Elles deviennent très importantes pour les larves au troisième stade; c'est ainsi que sur les 9 larves provenant d'une même ponte placée à une température constante de 23°, une a mué au bout de quatre jours, quatre le 6e jour, une le 8e jour, deux le 9e jour et une le 10e jour; tous ces insectes sont devenus adultes; à la température de 24°, deux larves ont mué le 4e jour, une le 6e jour, deux le 8e jour, une le 10e jour, et deux le 11e jour.

Dans un autre élevage à 24°, la 3e mue s'est produite 5 jours après la seconde pour deux larves, 5 jours 1/2 pour une larve, 7 jours pour trois larves et 8 jours pour une larve.

Des faits du même ordre ont été notés pour les larves au quatrième stade; des larves élevées à 24° ont demandé de cinq à neuf jours pour se transformer en larves du cinquième stade et des larves élevées à 26° ont mis de cinq à huit jours.

Enfin, à la température de 23°, les larves au cinquième stade provenant d'une ponte se sont transformées en adultes au bout de dix à vingt jours.

Ces quelques exemples suffisent à montrer que les variations de la durée de développement des divers stades d'*É. ornatum* sont importantes; j'ai constaté des fluctuations très fortes avec d'autres insectes, les Aphides en particulier.

La conclusion que l'on peut tirer de ces remarques est qu'il est nécessaire d'opérer sur un très grand nombre d'animaux pour pouvoir retirer de ces essais des résultats ayant une valeur moyenne satisfaisante.

Dans certains cas, l'échelonnement de la durée de développement qui se produit parmi les individus issus d'une même ponte s'accuse de plus en plus au fur et à mesure que l'insecte vieillit; plus souvent, le développement des individus retardataires est accéléré par la suite ce qui compense partiellement ou totalement le décalage initial. La figure 1 indique les durées des divers stades des insectes provenant d'une ponte élevée à 24°; les larves 1 et 2 sont mortes au deuxième stade, toutes les autres sont devenues adultes.

La durée du deuxième stade de la larve n° 12 s'est étendue sur 14,5 jours alors qu'elle n'a été que de 6,5 jours pour la larve n° 3; il s'ensuit que le 18e jour après sa naissance, la larve n° 12 est seulement au deuxième stade alors que les larves nos 3, 4, 5, 6, 7 ont atteint le quatrième stade. Mais aux stades suivants, ces écarts diminuent dans de notables proportions. Il résulte de ce qui précède que la mue ne constitue pas un critère de l'âge de l'insecte et qu'un parallélisme étroit n'existe pas entre la croissance des tissus et les mues.

Dans un autre élevage réalisé à 26°, une larve est restée de la même manière au deuxième stade pendant seize jours puis est morte ; jusqu'au dernier jour elle s'est déplacée activement et s'est nourrie normalement ; au moment de sa mort, ses sœurs étaient au cinquième stade depuis deux jours.

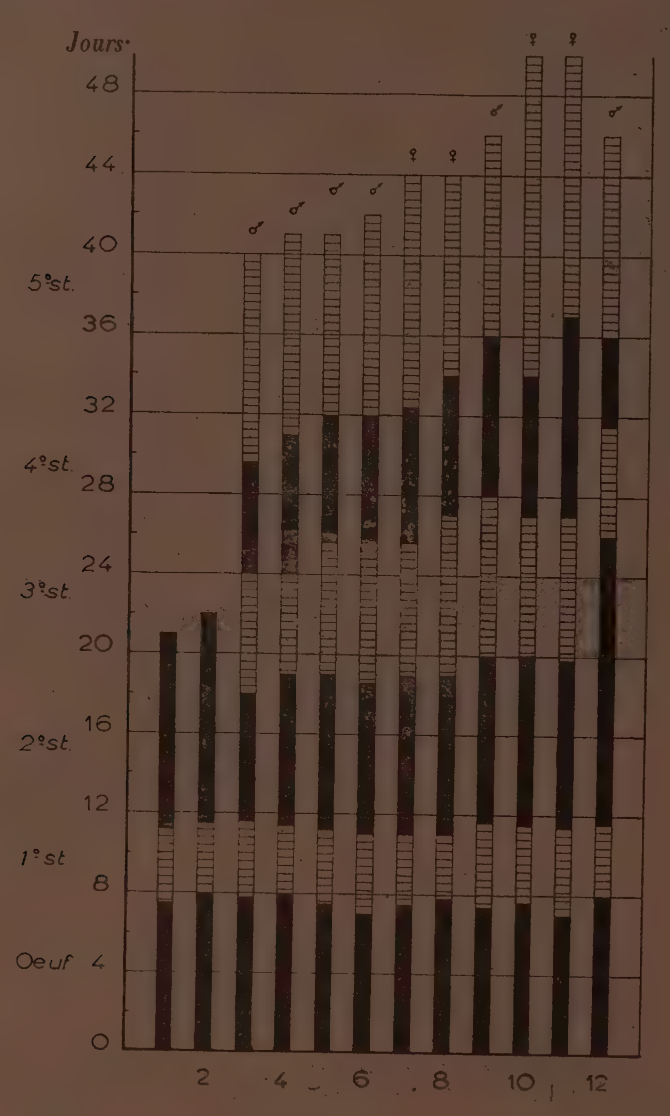


FIG. 1. - Variations de la durée du développement parmi les individus provenant d'une ponte d'*E. ornatum* (élevage à 24°).

Le quatrième ventricule de l'Intestin moyen de la Punaise du Chou est rempli de bactéries et l'on pourrait attribuer le retard constaté dans le déclenchement de la mue à une absence ou une diminution anormale des Bactéries dans le tube digestif ; mais j'ai

pu élever des Punaises expérimentalement privées de Bactéries jusqu'à l'état adulte sans constater de ralentissement notable du développement (Bonnemaison, 1946).

Il arrive aussi que tous les insectes issus d'une même ponte se développent plus rapidement que d'autres placés dans les mêmes conditions de milieu ; c'est ainsi que 2 pontes émises le même jour par 2 femelles ayant les mêmes parents, et élevées côte à côte à 31°

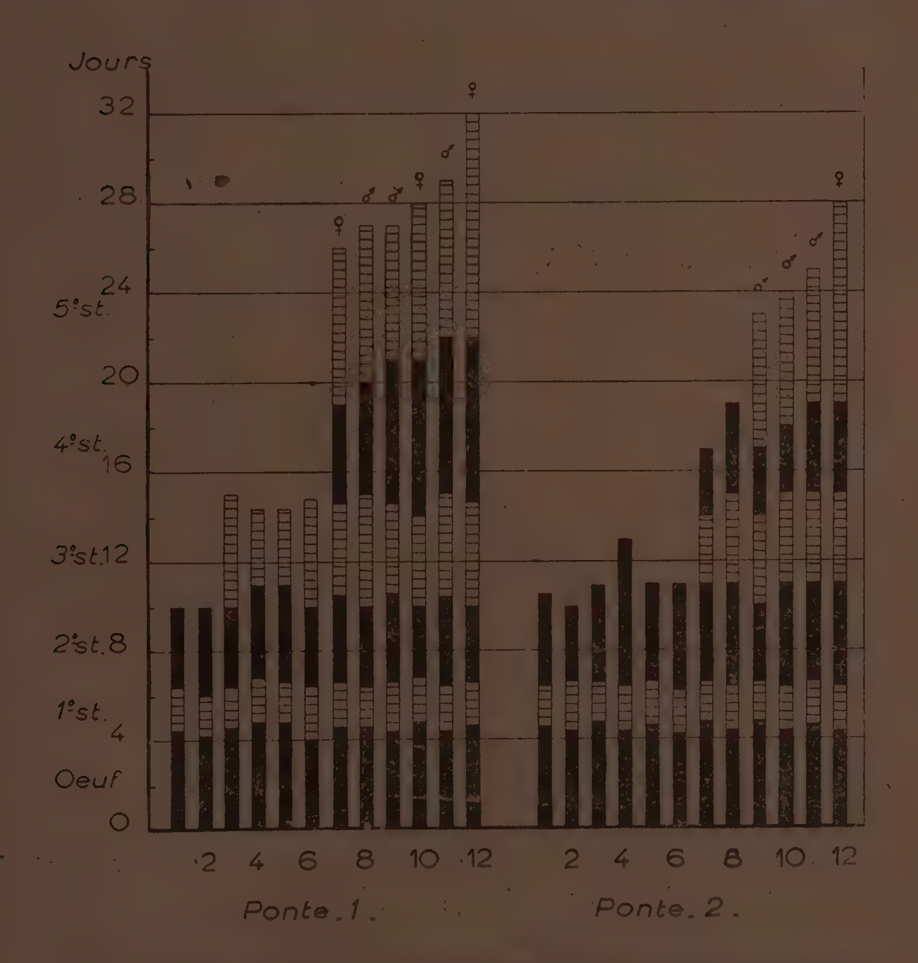


Fig. 2. — Variations de la durée du développement parmi les individus provenant de deux pontes élevées parallèlement à la température de 31°.

ont donné naissance l'une à 6 adultes, l'autre à 4 en un temps différent par suite du raccourcissement de la durée du quatrième stade pour la ponte 2 (fig. 2).

Kozhantschikow (1934) opérant sur des chrysalides d'*Ephestia Kuhniella* Zell. a obtenu également des variations de durée de développement très importantes, oscillant entre 8 et 12 jours à 25°, 6 à 12 jours à 27°5, 5 à 10 jours à 30° et 32°5.

IV. Remarques sur les formules exprimant l'action de la température sur la rapidité du développement des Insectes.

La recherche de formules exprimant les relations entre la rapidité de développement des insectes et la température a suscité un grand nombre de travaux. Très peu d'auteurs français s'étant occupés de cette question, j'ai pensé qu'il était de quelque utilité de faire une révision sommaire des principales formules qui ont été établies et de rechercher celle qui convenait le mieux aux résultats fournis précédemment. Les fluctuations constatées pour les divers stades larvaires étant par trop importantes, je n'envisagerai que la durée de l'incubation et celle s'étendant de la ponte à la mue imaginale.

a. *Équations de Van T'Hoff et d'Arrhenius.* — Les équations de VAN T'HOFF et d'ARRHENIUS sont utilisées pour la représentation des relations existant entre la température et les réactions physiques ou chimiques. Elles ont été employées par un grand nombre d'auteurs pour interpréter les relations entre la température et la rapidité de développement des êtres vivants.

L'équation de VAN T'HOFF peut s'écrire :

$$Q_{10} = \left(\frac{y_1}{y_2}\right)^{\frac{10}{x_1 - x_2}}$$

où y_1 et y_2 représentent la durée de développement aux températures x_1 et x_2.

ARRHENIUS a modifié l'équation de VAN T'HOFF de la manière suivante :

$$\frac{y_2}{y_1} = e^{\frac{1}{2}\mu\left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2}\right)}$$

où y_1 et y_2 représentent la vitesse de développement à des températures données x_1 et x_2 exprimées en degrés absolus; μ est un coefficient critique thermique.

Ainsi que le remarque BELEHRADEK (1926), dans toutes les réactions biologiques observées, le coefficient thermique Q_{10} de la loi de VAN T'HOFF n'a pas la même valeur mathématique pour toutes les températures comprises entre 0° et 45° de sorte que cette loi n'est pas applicable aux réactions biologiques.

Il en est de même en ce qui concerne la formule d'ARRHENIUS; pour les réactions chimiques, l'accroissement thermique μ ne varie pas avec la température au contraire de ce qui se passe dans la plupart des réactions biologiques.

La réciproque de la courbe de VAN T'HOFF est une sigmoïde; pour les températures moyennes, elle se rapproche assez bien des résultats expérimentaux mais en diverge complètement aux températures élevées.

b. *Courbe logistique de Pearl et Reed.* — PEARL et REED (1920) ont donné une formule qui a été jugée très satisfaisante par divers auteurs notamment LOTKA (1925), GAUSE et ALPATOV (1931), d'après DAVIDSON (1944). Ce dernier auteur a appliqué la formule avec succès à un grand nombre de résultats expérimentaux obtenus par l'élevage de divers insectes.

L'équation est la suivante :

$$\frac{100}{y} = \frac{k}{1 + e^{a - bx}}$$

y est le temps moyen nécessaire au développement du stade étudié à une température constante donnée x.

k est le paramètre représentant la distance entre les asymptotes supérieure et inférieure de la courbe ; puisque l'asymptote inférieure est zéro dans les cas étudiés, *k* représente la valeur de l'asymptote supérieure de la courbe.

a est le paramètre indiquant la position relative d'origine de la courbe sur l'axe des abscisses.

b est le paramètre représentant le degré d'accélération du développement du stade étudié en relation avec la température.

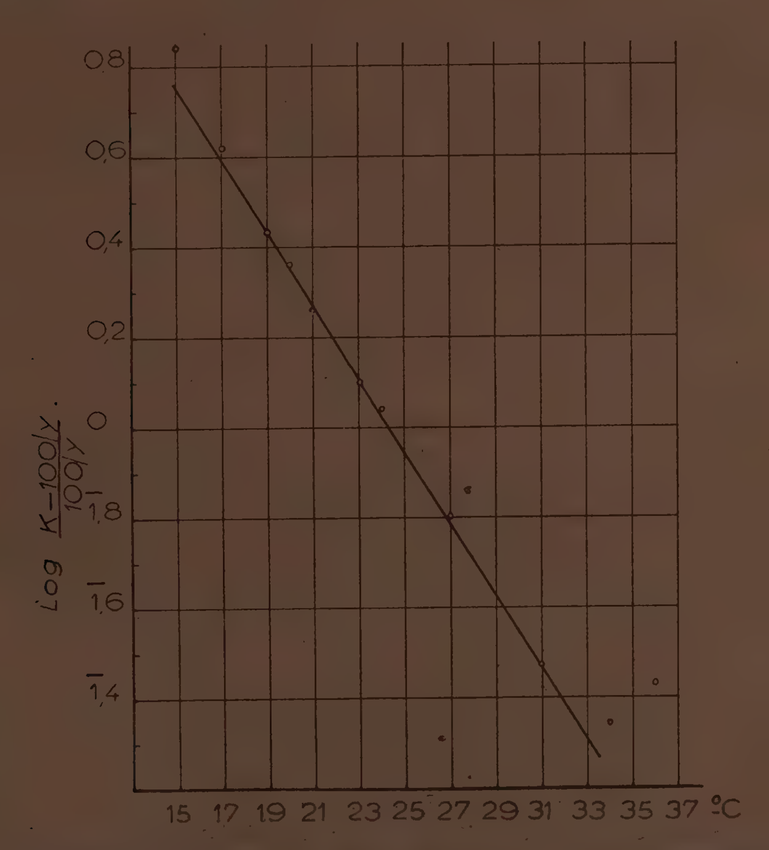


Fig. 3. — Représentation graphique de la relation existant entre la durée du développement de l'embryon et la température d'après la relation $\frac{K - 100/y}{100/y}$ tirée de la courbe logistique.

e est la base des logarithmes Népériens.

La courbe logistique ainsi établie correspond remarquablement à la courbe obtenue expérimentalement tant pour les températures basses que pour les températures moyennes jusqu'à la température de développement optimum mais au delà de celle-ci, la courbe expérimentale s'infléchissant brusquement s'éloigne considérablement de la courbe logistique.

Il existe une relation linéaire simple entre la température et la durée du développe-

ment qui s'exprime en portant en abcisses la température et en ordonnées les valeurs logarithmiques de :

$$\frac{\frac{k-100/y}{100}}{y}$$

En ce qui concerne *E. ornatum,* les résultats d'une première série d'essais pouvaient se traduire par une courbe logistique assez régulière. D'autres essais ont donné des chiffres un peu différents. Les moyennes de tous ces essais se placent sensiblement sur une droite établie en application de la formule précédente pour les températures comprises entre 17° et 31° (fig. 3).

c. *Courbe exponentielle en chaînette de Janisch.* — La conception de Janisch (1925, 1926, 1927, 1928) est basée sur les résultats d'un petit nombre d'expériences portant sur le développement embryonnaire d'*Ephestia Kühniella* Zell. et de la Tique du Chat, *Margaropus annulatus.* Janisch a suggéré que le développement des insectes peut être ramené à une courbe exponentielle en chaînette de formule :

$$y=\frac{M}{2}(C^{x}+C^{-x}) \quad \text{où}$$

y représente le temps nécessaire pour le développement à la température donnée x en degrés centigrades.

M est la durée du développement à la température optimum.

C est une constante.

Dans cette formule, la combinaison des facteurs qui déterminent la rapidité du développement de l'organisme en relation avec la température est exprimée par la somme des deux courbes exponentielles C^x et C^{-x}. Aux températures inférieures à la température optimum de développement, l'influence de l'exponentielle C^{-x} augmente tandis que l'influence de C^x diminue; aux basses températures, l'influence de C^{-x} est très grande et celle de C^x très petite. L'inverse se produit au delà de la température optimum de développement : l'influence de l'exponentielle C^{-x} diminue quand la température augmente, alors que l'action de C^x devient plus marquée.

La réciproque de la courbe en chaînette se rapproche dans ses grandes lignes de ce que l'on observe expérimentalement; elle a la forme d'un S par suite de l'inflexion qu'elle présente aux températures basses et aux températures élevées.

La théorie de Janisch a été vivement critiquée; d'après Martini (1928) la courbe en chaînette est par trop théorique et ne correspond pas mieux à la réalité dans l'ensemble que l'hyperbole de la théorie de la constante thermique.

Par ailleurs Voute (1936) a procédé à des nombreux élevages d'œufs d'*Ephestia Kühniella* et les résultats obtenus diffèrent notablement de ceux fournis par Janisch sur le même insecte.

d. *Formule de Belehradek.* — Belehradek (1926) utilise la formule suivante :

$$y=\frac{x^{b}}{a}$$

ou

$$\log. y = \log. a - b \log. x$$

y représente le temps nécessaire pour le développement à la température x exprimée en degrés Celsius.

a est une constante qui dépend de l'unité de temps choisie, de la nature de la réaction et de l'espèce biologique ; pour la même réaction et la même espèce, elle croît avec l'âge de l'individu (Belehradek, 1927).

b est une autre constante dépendant uniquement de la nature de la réaction et de l'espèce biologique.

Si l'on porte en abscisses les valeurs logarithmiques des températures, et en ordonnées

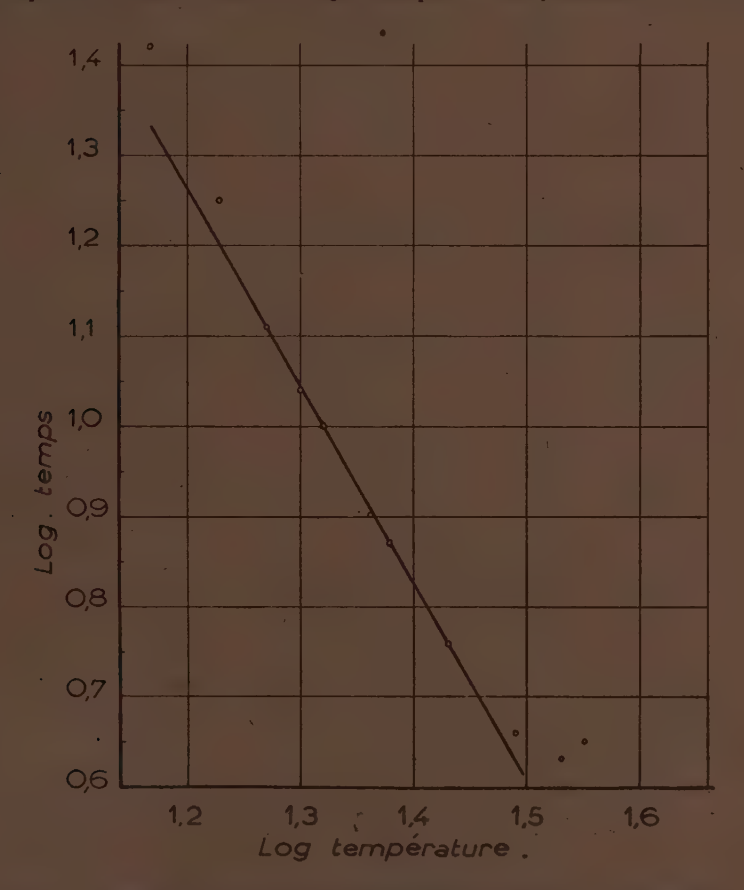


Fig. 4. — Relation entre la durée du développement de l'embryon et la température d'après la formule de Belehradek.

les logarithmes des temps nécessaires au développement à ces mêmes températures, la majeure partie des points obtenus se placent sur une ligne droite à l'exception des températures extrêmes.

Le graphique exprimant les résultats obtenus pour l'incubation des œufs d'*E. ornatum* montre que les chiffres trouvés se placent sur une ligne droite pour les températures comprises entre 19° et 27° mais s'en écartent notablement aux températures extrêmes (fig. 4).

Belehradek explique le changement de pente de la courbe qui se produit aux tempéra-

tures élevées par les altérations du protoplasme que celles-ci entraînent. Aux températures basses les écarts qui sont observés sont attribués aux difficultés de l'expérimentation aux faibles températures et au fait que le zéro thermique biologique est considéré provisoirement comme identique au zéro physique.

c. *Théorie de la constante thermique.* — La théorie de la constante thermique est la conception la plus ancienne qui ait été édifiée pour représenter la relation existant entre la température et le développement des êtres vivants. Elle a reçu une large application d'un

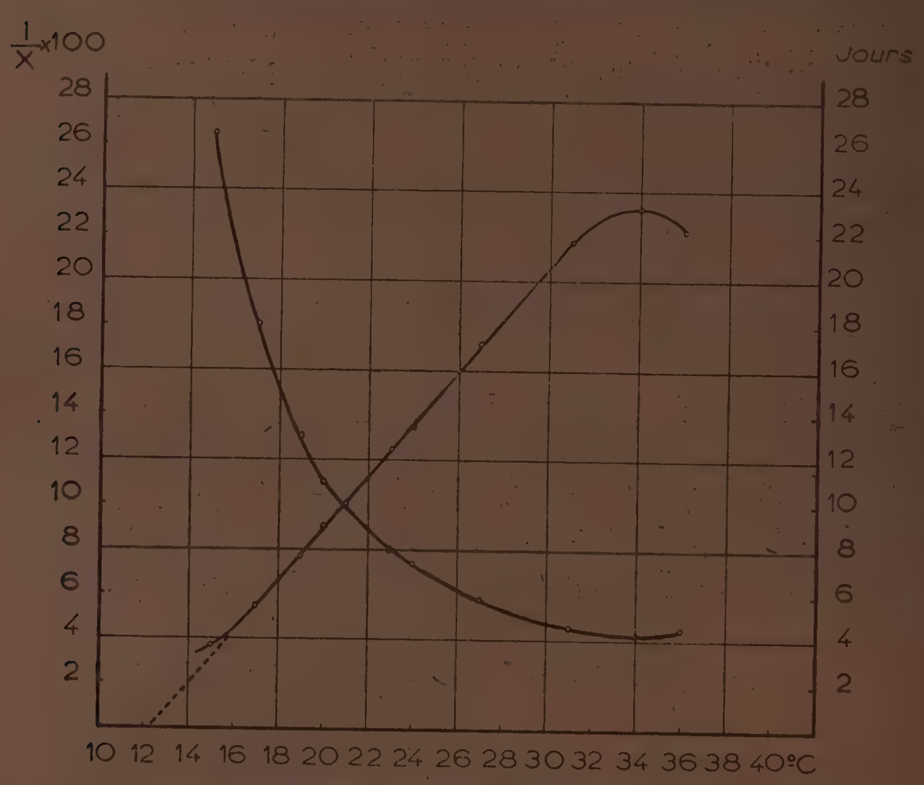


Fig. 5. — Courbe de développement de l'embryon et réciproque de l'hyperbole (ligne-index) d'après la théorie de la constante thermique.

grand nombre de biologistes et notamment de Sanderson (1910), Sanderson et Peairs (1913), Peairs (1914, 1927), Blunck (1914, 1923), Bodenheimer (1926).

Cette constante s'exprime par la formule :

$$c = (T - K)\,x$$

Où C est la constante thermique.
T la température durant l'expérience.
K le seuil de développement.
x la durée du stade étudié à la température T.

En d'autres termes, le produit de la durée de développement par la température effective (T-K) est toujours une constante, ou encore la durée du développement est inversement proportionnelle à la température effective.

$$x = \frac{c}{T - K}.$$

Les auteurs précédemment cités ont constaté que la courbe de développement des végétaux ou des animaux est sensiblement une hyperbole équilatère; la réciproque d'une hyperbole étant une ligne droite, la connaissance de la durée de développement

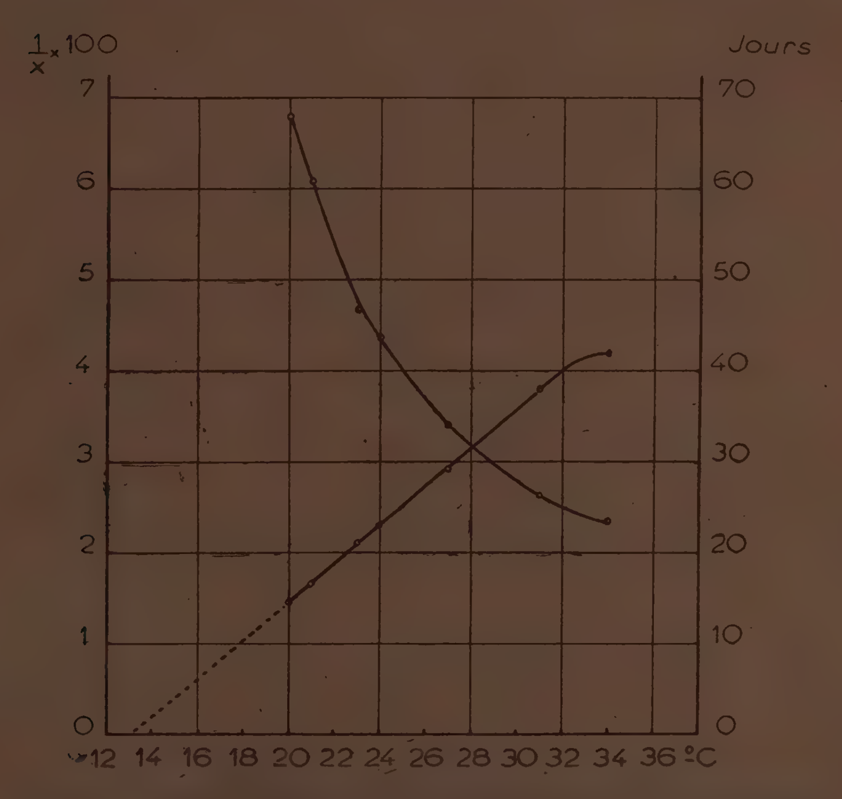


Fig. 6. — Courbe du développement total d'*E. ornatum* de la ponte à la mue imaginale et réciproque de l'hyperbole.

du stade étudié à deux températures différentes permet de déduire graphiquement la durée du développement à différentes températures. Il suffit pour cela de porter en abscisses les températures exprimées en degrés C. et en ordonnées la réciproque $\frac{1}{x}$, x étant exprimé suivant les cas en heures ou en jours. La valeur $\frac{1}{x}$ a été appelée l'unité de développement (Prochnow, 1907, 1908, 1914, Sanderson, 1910, d'après Uvarov, 1931). La droite obtenue est désignée par les Anglo-Saxons sous le nom de ligne de vélocité (vélocity-line) ou de ligne-index (index-line) et tout point se trouvant sur cette ligne

constitue l'index de développement pour la température correspondante. L'intersection de la ligne-index avec l'axe des températures donne pour la plupart des biologistes la valeur du seuil de développement (fig. 5 et 6).

Pour Shelford (1929), le chiffre ainsi trouvé ne correspond nullement au seuil de développement, il constitue une valeur théorique qu'il appelle le zéro de l'hyperbole et qu'il désigne par la lettre α. Les travaux de Sanderson (1910), Peairs (1914, 1927),

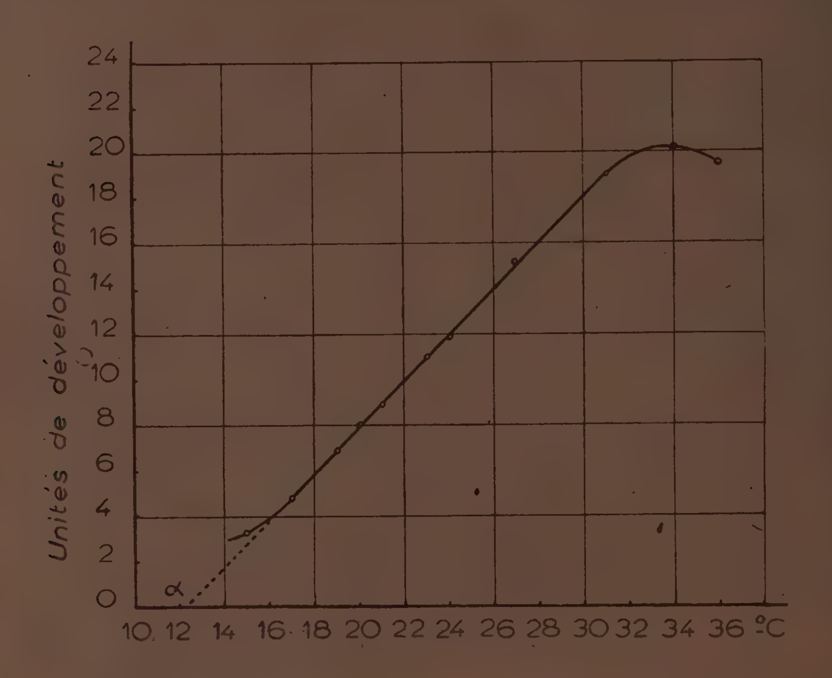


Fig. 7. — Courbe des unités de développement (Shelford) et détermination du «zéro de l'hyperbole».

Blunck (1914, 1923), Martini (1925), Bodenheimer (1926), Cousin (1932) pour les Insectes, de Geslin (1944) pour le Blé, ont montré que le calcul de la somme des températures pour un stade donné était sensiblement constant pour les températures moyennes. Shelford (1929) a critiqué cette conception et la remplace par la somme des unités de développement.

Shelford (1926) définit l'unité de développement comme la différence entre la somme de développement produite en une heure, à un degré donné, compris dans les températures effectives, et celle produite à une température supérieure de 1° à la précédente.

Le graphique correctement établi d'après les indications de Shelford donne une droite faisant un angle de 45° qui coupe l'axe des abscisses en un point α qui est identique à celui obtenu avec la réciproque de l'hyperbole (fig. 7). Cette courbe permet de déterminer immédiatement la durée de développement d'un stade donné. Dans le cas de l'in-

cubation de l'œuf de la Punaise du Chou, à une température constante de 20° par exemple, la rapidité de développement est de 8 unités par heure. Comme la constante thermique est de 88 degrés-jours, soit 2.112 degrés-heures-unités de développement, à cette température de 20°, 264 heures, soit 11 jours, seront nécessaires pour que l'éclosion se produise.

Cette méthode permet de totaliser des températures qui varient ainsi que cela se passe en plein air et il est possible de cette manière de prolonger les courbes aux deux extrémités.

Les chiffres obtenus par l'élevage des divers stades d'*E. ornatum* à différentes températures constantes permettent de déterminer graphiquement le zéro de l'hyperbole d'après la définition de Shelford ou le seuil de développement théorique d'après les autres auteurs.

Tableau 3.

Seuils de développement théoriques de l'œuf et des stades larvaires d'E. ornatum.

Stade.	Seuil théorique de développement.
Œuf	12,0
Larve 1er stade	14,5
Larve 2e stade	15,0
Larve 3e stade	13,5
Larve 4e stade	12,0
Larve 5e stade	13,0
Développement total de la ponte à la mue imaginale	13,2

D'après les quelques essais auxquels je me suis livré, ces seuils théoriques de développement correspondent sensiblement aux seuils pratiques; cette vérification est d'ailleurs singulièrement difficile car elle porte sur un grand laps de temps et les insectes en expérience meurent peu à peu. Il est en outre difficile de maintenir pendant toute la durée des essais, des conditions de milieu rigoureusement constantes. Elle est plus facile à réaliser avec les insectes à développement très rapide.

On voit que le seuil théorique de développement varie suivant les stades; il est plus élevé pour les jeunes larves que pour les larves âgées.

Le calcul exact de la somme des températures nécessaires au développement complet de l'insecte ne peut donc se faire qu'en faisant le décompte exact pour chaque stade; cependant les écarts entre les seuils de développement étant relativement faibles et une augmentation anormale de la durée de développement d'un stade pouvant être compensée par une diminution du nombre des jours nécessaires au développement du stade suivant, j'ai déterminé également le seuil de développement théorique portant sur le cycle entier de l'animal, de la ponte à la mue imaginale (fig. 6).

Le tableau 4 indique les sommes de température obtenues pour chaque stade à différentes températures. On constate que les chiffres diffèrent relativement peu pour les températures comprises entre 20 et 31°; par contre ils sont plus élevés aux températures supérieures à 31° et sont plus faibles aux températures inférieures à 19°, en ce qui concerne les œufs et les larves au premier stade.

TABLEAU 4.

Constantes thermiques de l'œuf et des stades larvaires d'E. Ornatum.

STADE.	SEUIL de DÉVᵗ.	TEMPÉRATURES. 36°	34°	31°	27°	24°	23°	21°	20°	19°	17°	15°
Œuf	12°	108,0	94,6	87,4	87,0	88,8	88,0	90,0	88,0	91,0	90,0	79,5
1ᵉʳ stade	14,5	38,7	33,1	31,3	32,5	33,2	34,0	35,7	31,9	31,5	22,5	
2ᵉ stade	15,0		70,3	72,0	75,6	70,2	64,8	75,0	71,0			
3ᵉ stade	13,5		63,5	63,0	63,4	66,1	61,0	63,7	58,5			
4ᵉ stade	12,0		79,2	70,8	81,0	81,6	78,1	81,0	80,0			
5ᵉ stade	13,0		151,2	133,2	128,8	128,7	125,0	121,6	124,6			
TOTAL			491,9	457,7	468,3	468,6	450,9	467,0	454,0			
Dévᵗ total	13,2		488,8	466,3	469,2	469,8	456,7	473,4	461,0			

Ces résultats montrent que dans le cas d'*E. ornatum,* le zéro de l'hyperbole coïncide avec le seuil de développement selon le critère indiqué par SHELFORD ; en effet, pour cet auteur, le seuil de développement n'est exact que si la constante thermique est sensiblement la même pour les différentes températures expérimentées autres que les extrêmes. Quand ce résultat n'est pas obtenu, SHELFORD préconise l'emploi de la méthode d'ŒTTINGEN se ramenant à la détermination par tâtonnement du seuil de développement, de manière que la somme des températures soit la même pour les différentes températures moyennes.

Les chiffres figurant dans la dernière rangée (développement total), ont été calculés en utilisant comme seules données le seuil pour le développement complet de l'insecte de la ponte à la mue imaginale et la durée globale du cycle. On voit que les chiffres obtenus sont légèrement supérieurs à ceux obtenus par l'addition des sommes de températures propres à chaque stade calculées séparément (à l'exception de l'élevage à 34°).

Il ne fait pas de doute que les différences entre ces deux totaux pourront être plus élevées avec d'autres insectes ; nous avons vu que la durée anormalement longue d'un stade est généralement compensée par un raccourcissement de la durée du stade suivant de sorte que, toutes proportions gardées, les écarts sont moins considérables pour l'ensemble du cycle que pour chaque stade. Il sera toujours préférable de calculer la somme des températures nécessaires au développement complet de l'insecte en additionnant les constantes thermiques propres à chaque stade. Cependant, quand on n'aura pas la possibilité matérielle de faire ce travail, le calcul de la constante thermique globale tel qu'il a été fait ici, donnera une première indication.

V. Seuil et température optimum de développement.

PEAIRS (1927) définit le *seuil de développement* comme étant la température au-dessous de laquelle le développement cesse et au-dessus de laquelle le développement commence.

Le seuil théorique de développement déterminé graphiquement par l'intersection de la ligne-index avec l'axe des températures est généralement un peu supérieur au seuil pratique de développement obtenu par une série d'essais à des températures basses.

G. COUSIN (1932) opérant avec des œufs de *Lucilia sericata* Meig. trouve un seuil théo-

rique de 11° 5 et un seuil pratique de 10°. Shelford (1927) cite les résultats obtenus par Krogh (1914) sur le développement de la nymphe de *Tenebrio molitor;* le seuil théorique est 13°, le seuil pratique de 9° environ.

Sanderson (1910), Headlee (1914), Shelford (1926) ont fait remarquer qu'il existe d'assez grandes différences dans la durée du développement d'un stade donné pour des insectes placés dans les mêmes conditions de température et d'humidité suivant les conditions de milieu auxquelles ont été soumises les parents et les insectes eux-mêmes, en particulier les précipitations et l'importance des variations de température.

Shelford (1926) a noté jusqu'à 20 p. 100 de différence dans la durée de la nymphose de *Carpocapsa pomonella* L.; pour cette espèce le seuil de développement varie suivant les années.

Le seuil pratique de développement des œufs de *Lymantria dispar* L. varie suivant leur âge d'après Rubtssov (1938); il est d'environ 10° en janvier puis diminue graduellement de février à mai jusqu'à 5,6°; le seuil de développement théorique est égal à 3 ou 4°. Le problème est compliqué ici par la diapause embryonnaire. L'opinion de Rubtssov est analogue à celle de Shelford : le seuil de développement est inconstant; il dépend des conditions antérieures de développement de la population et des facteurs du milieu du moment.

Les expériences réalisées dans les meilleures conditions aboutissent rarement à des résultats rigoureusement identiques; cela tient à la complexité des organismes vivants, à des particularités propres à chaque individu et enfin aux imperfections de nos appareils.

Dans ces conditions, il me paraît chimérique de vouloir établir des formules compliquées pour représenter l'allure générale du développement; dans cet ordre d'idées, on doit se contenter en biologie de règles simples, d'un emploi commode, dont les données ont été fournies par la moyenne d'un grand nombre d'essais.

Les seuils de développement varient suivant les stades; pour *Dytiscus marginalis* L. (Blunck 1923) ils sont de 0° pour les œufs, de 1° pour les larves au 1er stade, de 3° pour les larves au 2e stade, de 3°8, pour les stades suivants. Shelford (1927) indique les chiffres suivants pour le Carpocapse : 6° 5 à 9°5 pour les œufs et les chrysalides; 6° à 10° pour les larves hivernantes; 6° à 9° pour les larves pendant la belle saison. G. Cousin (1932) a obtenu pour *Lucilia sericata* les seuils théoriques de 12° pour l'œuf; 7° 6 pour la période larvaire, 9°4 pour la période prénymphale, 9°6 pour la période nymphale.

D'après Kozhantchikow (1938) les seuils de développement de *Phytometra gamma* sont de 6° pour les œufs, 5° pour les larves au 1er stade, de 9° pour les larves plus âgées et de 10° pour les Chrysalides.

J'ai trouvé les chiffres suivants pour *E. ornatum* : œufs : 12°, larves au 1er stade : 14° 5; 2e stade : 15°; 3e stade : 13° 5; 4e stade : 12°; 5e stade : 13° (tableau 3).

Nous voyons que l'on ne peut déduire de ces quelques données une règle générale; le seuil de développement le plus faible s'observe généralement chez l'œuf, dans les exemples cités mais il est le plus élevé pour *Lucilia sericata.*

Une certaine confusion existe quant à la définition de «Température optimum» de développement. Selon Bodenheimer et Schenkin (1929) la *température optimum de développement* est celle à laquelle le développement s'effectue dans le temps le plus court; elle est à distinguer de la *température optimum vitale* qui est la combinaison de la température et de l'humidité à laquelle les insectes d'une espèce atteignent une longévité plus grande que sous d'autres conditions.

Mais aux températures élevées provoquant le développement le plus rapide correspond généralement une forte mortalité; aussi la définition la plus logique de la température optimum de développement semble être celle de Blunck (1923) et de Peairs (1927) : «c'est la température à laquelle le plus grand pourcentage d'insectes est capable d'effectuer le développement complet normal; ce n'est généralement pas la température à laquelle le développement se fait avec la plus grande rapidité» (Peairs).

Janisch (1931) n'admet pour chaque espèce d'insecte qu'un seul optimum, *l'optimum biologique;* c'est la température à laquelle, sans qu'il se produise une mortalité précoce, le cycle individuel est parcouru dans le temps le plus court, où la plus grande production d'œufs viables est observée et la durée du développement des différents stades présente les variations les plus faibles.

Selon Kozhanthschikow (1934) l'optimum est la zone de température où tous les processus physiologiques se produisent suivant un rythme «commode et modéré»; il peut être notablement éloigné de la température à laquelle le développement se produit avec le maximum de rapidité.

Cette température optimum de développement ainsi définie fait intervenir non seulement la température, mais aussi d'autres conditions de milieu telles que l'humidité et parfois la lumière qui peuvent avoir une influence très marquée; il semblerait donc plus judicieux de désigner ce complexe sous le nom «d'*optimum abiotique*» par opposition à «l'*optimum thermique*» qui désignerait la température à laquelle se fait le développement dans les temps le plus court. L'optimum thermique correspond à ce que Davidson (1942) a appelé «the peak temperature».

La détermination précise de l'optimum abiotique est très délicate car elle nécessite une série d'expériences soumettant l'insecte à différentes combinaisons des facteurs climatiques. On en est le plus souvent réduit à déterminer approximativement l'humidité relative convenant le mieux au stade étudié pour deux ou trois températures suffisamment éloignées, puis à élever l'insecte à différentes températures combinées avec ces humidités relatives optima.

E. ornatum se prête mal à ces essais par suite de la grande variabilité de la durée de développement des différent stades. Il résulte de l'ensemble des essais effectués avec les œufs et les larves à des humidités relatives variant de 50 à 100 p. 100 que l'optimum d'humidité se situe pour les œufs comme pour les larves autour de 70 et 75 p. 100. Tous les élevages ont donc été réalisés à cette humidité et les pourcentages de mortalité constatés sont indiqués ci-après :

Tableau 5.

Pourcentage de mortalité des œufs et mortalité globale jusqu'à la mue imaginale à différentes températures et à une humidité relative de 70 et 75 p. 100.

	35°	34°	31°	27°	24°	23°	21°	19°	17°	15°
Œuf	20	18	16	15	12	18	24	28	44	76
Adulte	77	76	74	68	65	64	67			

En ce qui concerne les œufs, la mortalité est très faible pour les températures comprises

entre 22° et 35°; l'optimum thermique se situe à 34° et l'optimum écologique abiotique vers 31°.

Pour le développement total de l'insecte, de l'œuf à l'adulte, il n'existe pas non plus de grandes différences entre les pourcentages de mortalité observés dans la gamme des températures de 21° à 31°; l'optimum thermique se situe vers 34°, l'optimum abiotique est difficile à définir; il se cantonne dans la zone comprise entre 27° et 31°.

Voute (1936) a élevé les œufs d'*Ephestia Kühniella* Zell à différentes températures; une humidité relative de 75 p. 100 occasionne la mortalité minimum. La température maximum est de 33° avec une mortalité de 84 p. 100; l'optimum thermique est de 32° (durée de l'incubation : 3,1 jours avec une mortalité de 16 p. 100; à 30° l'incubation demande 3,3 jours et la mortalité est de 12 p. 100; à 29° et 27° la durée de l'incubation est respectivement de 3,5 et 3,8 jours et la mortalité de 33 et 29 p. 100. Aux températures légèrement inférieures, la mortalité varie de 11 à 17 p. 100. Il est assez surprenant que la mortalité soit aussi élevée à 29 et 27°.

VI. Développement de l'Œuf et des Larves d'*E. ornatum* à des températures alternées.

Headlee (1914) a étudié le développement d'un Aphide, *Toxoptera graminum* Rond, à des températures constantes et des températures alternées dont la moyenne égalait celle de la température constante. A une température constante de 26° 7 les pucerons effectuent leur cycle complet de développement en six jours alors qu'il en faut huit à une température alternée. La fécondité totale est un peu plus élevée et la fécondité moyenne deux fois plus importante aux températures constantes qu'aux températures alternées, mais la longévité est deux fois et demi plus faible. La même auteur expérimentant sur des chrysalides de Carpocapse (1929) obtient un développement plus court de huit jours à une température constante de 17° 2 qu'à une température oscillant entre 10 et 24°.

Le développement de *Prodenia littoralis* F., d'après Janisch (1930), est invariablement le plus court quand l'insecte est élevé à la température constante optimum.

Les larves de *Prorosagrotis orthogonia* Morr. élevées à des températures alternées ont leur développement accéléré et la production de CO^2 augmentée (Cook, 1927).

Le développement du Carpocapse est accéléré dans la proportion de 7 à 8 p. 100 lorsqu'il est soumis à des températures variables par rapport à un élevage à température constante (Shelford 1927, 1929).

Parker (1929, 1930) opérant sur des œufs et des larves de Criquet obtient un développement plus rapide à des températures alternées qu'à des températures constantes; l'accélération du développement est plus marquée quand une température élevée alterne avec une température inférieure au seuil de développement que par l'alternance de deux températures effectives.

Bodine (1925) utilisant des Orthoptères aboutit aux mêmes résultats; l'accélération maximum est obtenue quand le froid est appliqué aux œufs ayant déjà effectué 32,6 p. 100 de leur développement total.

Ludwig (1926, 1928) a élevé comparativement les différents stades de *Popillia japonica* à des températures constantes et à des températures alternées; dans ce dernier cas, le développement est retardé lorsque les insectes sont placés alternativement à une tempé-

rature effective basse et à une température élevée, et accéléré lorsqu'ils sont soumis à une température effective et à une température inférieure au seuil de développement.

D'après Voute (1936), les variations de température pendant une heure à une heure trente répétées tous les jours influent sur la durée du développement de l'œuf d'*Ephestia Kühniella* Zell; les températures élevées accélèrent, les températures basses ralentissent le développement des œufs; les températures extrêmes exercent une action déprimante qui se répercute tôt ou tard par une diminution de la fécondité et une augmentation de la mortalité. L'élevage comparatif des œufs à une température constante de 21° et à des températures alternées dont la moyenne est de 21° donne les résultats suivants : si 100 est la durée du développement à la température constante de 21°, la durée du développement est de 122 pour des températures alternées de 22° et 20°, de 104 pour les températures de 24 et 18°, de 105 pour les températures de 32° et 10°. Elle est de 94 pour les températures de 25° et 10°, de 95 pour les températures de 25° et 15° ainsi que celles de 25° et 20°, de 92 pour les températures de 30° et 15°.

Les faibles écarts de température provoquent donc un ralentissement du développement. Pour une température moyenne de 22° 5, l'accélération du développement est légèrement plus grande aux températures alternées de 30° et 15° (92) qu'aux températures alternées de 25° et 20° (95).

Avec *Lophyrus pini* L., Goszwald (1936) signale que les températures alternées accélèrent légèrement le développement mais augmentent le taux de mortalité.

Payne (1932) a élevé comparativement des nymphes de *Tenebrio molitor* L. à des températures constantes et à des températures alternées; les nymphes élevées à une température constante de 20° et à une humidité relative de 60 p. 100 demandent 14 à 16 jours pour se développer; celles placées alternativement à 15° pendant 24 heures puis à 25° pendant les 24 heures suivantes se transforment en adultes le 13° jour; par contre il ne faut que 9 jours à une température constante de 25° et 10 jours à une température alternée de 20-30°.

Enfin, pour les œufs de *Lymantria dispar* L., Rubtssow (1938) constate que la constante thermique est la même pour les températures alternées que pour les températures constantes; la constante thermique est plus élevée aux températures extrêmes dans les deux cas, mais aux températures alternées, cette augmentation est relativement moins grande que celle qui se produit aux températures constantes. Rubtssov explique cette particularité par une augmentation du seuil de développement lorsque l'Insecte est soumis à une haute température et au contraire par une diminution du seuil quand l'animal est placé à une température basse.

Cette rapide revue bibliographique suffit à montrer à quel point les constatations divergent quant aux effets exercés par les températures variables.

Les essais portant sur des températures alternées peuvent être réalisés avec les combinaisons les plus diverses et chaque insecte présentant des besoins physiologiques très différents, il n'est pas surprenant que les résultats obtenus jusqu'à ce jour soient aussi variés.

Mes expériences ont porté sur cinq lots placés à diverses températures alternées; pour quatre d'entre elles, la température basse était supérieure au seuil de développement alors que pour la cinquième elle lui était nettement inférieure. Dans tous les cas,

les œufs puis les larves, ont été placés chaque jour pendant 7 h. 30 à la température basse et ensuite pendant 16 h. 30 à la température élevée.

TABLEAU 6.

Durée de l'incubation et sommes des températures à des températures alternées et constantes.

DÉSIGNATION DES LOTS.	TEMPÉRATURES ALTERNÉES.					TEMPÉRATURES CONSTANTES CORRESPONDANTES.	
	TEMP. DU SÉJOUR Pdt. 7 h. 30.	TEMP. DU SÉJOUR Pdt. 16 h. 30.	DURÉE de l'incubation.	TEMPÉRATURE moyenne.	SOMME DES températures alternées.	DURÉE de l'incubation.	SOMME des températures
A	13°4	26°5	9,1 j.	22°4	94,6	8,7 j.	88,0
B	13°2	23°4	11,1	20°2	91,0	11,0	88,0
C	18°6	28°3	6,5	25°1	87,8	6,7	88,0
D	20°4	24°4	8,0	23°1	88,8	8,0	88,0
E	8°0	25°4	9,8	20°0	90,2	11,0	88,0

Chaque série d'essais a porté sur 15 pontes; il y a eu dans certains lots des variations assez importantes de la durée de l'incubation.

Dans le lot A, les œufs d'une ponte n'ont demandé que 8 jours pour éclore; 12 jours ont été nécessaires pour obtenir l'éclosion d'une autre ponte.

Sur les 8 œufs fertiles d'une ponte du lot C, 3 ont éclos le 10e jour, 4 le 12e et 1 le 13e jour.

Dans le lot D, une seule ponte a présenté un certain échelonnement dans l'éclosion : 2 jeunes sont nés le 7e jour, 2 au bout de 7,5 jours et 6 le 8e jour.

Enfin, les fluctuations constatées dans le lot E ont été de ± 0,6 jour.

Il résulte de ces essais qu'en comparaison avec les températures constantes correspondantes, les températures alternées dont la température inférieure est plus élevée que le seuil de développement ne modifient pas, d'une manière générale, la durée de l'incubation.

Il y a une légère accélération (12 p. 100) lorsque la température basse est inférieure au seuil de développement théorique.

Développement des larves. — Les essais précédents ont été continués dans les mêmes conditions jusqu'à la mue imaginale.

Les résultats consignés dans le tableau 7 montrent que contrairement à ce qui a été constaté pour l'incubation, les températures alternées raccourcissent sensiblement la durée du développement des stades larvaires; si l'on ne considère que les stades larvaires, la durée du développement aux températures alternées n'est que les 78 p. 100 de celle obtenue aux températures constantes correspondantes pour le lot A où la différence des températures est de 13°1, 67 p. 100 pour le lot B (différence 10°2), de 69 p. 100 pour le lot C (différence 9°7) et de 76 p. 100 pour le lot E; en ce qui concerne le lot D (différence 4°) la durée du développement est supérieure de 5 p. 100 à celle obtenue à la température constante correspondante.

La mortalité est également plus faible dans les élevages soumis à des températures alternées; pour l'ensemble du développement, elle est de 51 p. 100 pour le lot A (contre 64 p. 100 pour la température constante correspondante), de 58 p. 100 pour le lot B (contre 67 p. 100 environ), de 57 p. 100 pour le lot C (contre 65 p. 100), de 63 p. 100

Tableau 7.

Durée de développement et sommes des températures de l'œuf et des stades larvaires à des températures constantes et des températures alternées.

STADE.	LOT A.		TEMP. constante 22°4	LOT B.		TEMP. constante [illegible]	LOT C.		TEMP. constante 25°1	LOT D.		TEMP. constante 23°1	LOT E.		TEMP. constante 20°	CONST. thermique moyenne 22°-27°.
	NOMBRE de jours.	SOMME des temp.	nombre de jours.	NOMBRE de jours.	SOMME des temp.	nombre de jours.	NOMBRE de jours.	SOMME des temp.	nombre de jours.	NOMBRE de jours.	SOMME des temp.	nombre de jours.	NOMBRE de jours.	SOMME des temp.	nombre de jours.	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
OEuf	9,1	94,6	8,7	11,1	91,0	11,0	6,5	85,1	6,7	8,0	88,8	8,0	9,8	90,2	11,0	88,0
1er stade larvaire	4,3	34,0	4,5	5,2	29,6	5,6	3,0	31,8	3,3	4,5	38,7	4,0	4,5	24,7	5,8	34,0
2° — —	7,1	52,5	9,1	8,4	43,7	13,8	4,5	45,4	7,2	7,9	64,0	8,0	10,4	52,0	14,2	71,5
3° — —	5,9	52,5	7,7	5,9	39,5	8,7	4,0	46,4	6,0	7,0	67,2	6,9	7,3	47,4	9,0	62,5
4° — —	5,6	58,2	8,0	6,8	55,7	9,7	4,3	56,4	6,2	6,8	75,5	7,0	8,0	65,0	10,0	80,3
5° — —	11,3	94,9	14,0	11,8	84,9	17,2	7,4	89,5	10,6	14,0	141,4	12,4	12,0	84,0	17,8	125,7
Total (œuf + st. larv.)	43,3	386,7	52,0	49,2	344,4	66,0	29,7	354,6	40,0	48,2	475,6	46,3	52,0	363,3	67,8	462,0
Total : st. larv. seuls	34,2	292,1	43,3	38,1	253,4	55,0	23,2	269,5	33,3	40,2	386,8	38,3	42,2	273,1	56,8	374,0

pour le lot D (contre 64 p. 100) et de 56 p. 100 pour le lot E (contre 67 p. 100 environ).

Parmi les stades larvaires, le premier stade est celui qui semble le moins influencé par l'alternance des températures; en comparaison avec la durée du développement notée aux températures constantes, celle constatée aux températures alternées n'est en effet que de 95 p. 100 pour le lot A, de 92 p. 100 pour le lot B, de 90 p. 100 pour le lot C et de 77 p. 100 pour le lot E; elle est égale à 112 p. 100 pour le lot D. Or, la particularité essentielle présentée par ce stade est que la larve ne s'alimente pas.

L'action accélératrice exercée par les températures alternées se manifeste donc plus spécialement sur les autres stades larvaires et il semblerait résulter de ces essais que l'alternance des températures interviendrait surtout en agissant sur la nutrition; j'ai essayé de voir par le comptage quotidien des piqûres effectuées par des insectes isolés en boîtes de Pétri si le nombre de piqûres était plus élevé aux températures alternées qu'aux températures constantes mais les fluctuations observées ont été telles qu'il n'a pas été possible d'en tirer aucune conclusion.

VII. Développement de l'Œuf et des Larves d'*E. ornatum* en plein air.

Le troisième point que je m'étais fixé dans cette étude était le suivant : peut-on utiliser les données fournies par l'élevage des insectes à des températures constantes pour déterminer avec une approximation satisfaisante le développement des insectes en plein air en fonction des conditions climatiques du moment?

Pour Bodenheimer (1927) cette méthode est très correcte et donne de bons résultats. Cet auteur a déterminé pour plusieurs espèces d'insectes la constante thermique par l'élevage de chaque espèce à deux températures suffisamment éloignées ce qui lui permet de déterminer la constante thermique du développement total; connaissant les températures moyennes mensuelles de diverses régions, il est possible, d'après Bodenheimer, de déterminer à l'avance l'aire de répartition géographique d'un Insecte et le nombre de générations annuelles.

Afin d'observer avec le plus de précision possible le développement des larves, les élevages ont d'abord été faits dans de petites cages parallélipipédiques dont le cadre était constitué par des liteaux de bois sur lesquels était fixé un grillage à mailles fines assurant une très bonne aération de la plante et une insolation satisfaisante. Ces cages étaient placées en plein air et protégées de la pluie par un vitrage placé à 75 centimètres au-dessus d'elles.

Un Chou planté dans un pot assurait l'alimentation des insectes et était changé dès qu'il devenait souffreteux.

Un thermomètre à maxima et minima mis sous un petit abri était disposé contre la cage; les températures étaient notées chaque matin à 9 heures; il était ainsi possible d'en déduire la température moyenne à laquelle étaient soumises les pontes et les larves.

Toutes les pontes utilisées provenaient de deux couples de la troisième génération ayant hiverné. Des observations furent faites sur la durée de l'incubation des œufs de la quatrième génération et un mâle et une femelle issus d'une de ces pontes furent utilisés comme géniteurs pour l'obtention des pontes de la cinquième génération dont le développement fut suivi dans le courant de l'été et de l'automne 1945.

Observations sur la durée de l'incubation des œufs de la première génération (printemps et été 1945). — Les observations ont été faites sur cinq pontes.

Une ponte fut déposée le 21 avril à la face inférieure d'une feuille de la plante; par suite d'un brusque abaissement de la température qui se produisit à partir du 22 avril, les œufs n'éclosent que le 13 mai, c'est-à-dire après 23 jours d'incubation. Les températures minima et maxima observées entre le 21 avril et le 13 mai ont été de — 1°6 et 30°. En faisant le calcul de la constante thermique basée sur les moyennes des températures journalières, on obtient 113°-jours.

Afin d'éviter des températures minima s'écartant pas trop des seuils de développement, les autres observations furent faites à la fin du mois de juillet, sur 4 pontes qui eurent lieu le 20 juillet à la face inférieure d'une feuille, les 21, 23 et 25 juillet sur les montants de bois constituant l'armature de la cage.

La durée de l'incubation fut très variable; celle qui fut pondue le 20 juillet éclôt le 30, celle du 21 juillet le 28, celle du 23 le 30 et enfin celle émise le 25 juillet le 4 août. La durée de l'incubation a donc varié de 7 à 10,5 jours suivant l'emplacement de la ponte et ceci dans un très petit espace. Durant toute cette période, la température minimum a oscillé de 9 à 22° et la température maximum de 21 à 34°9. La somme des températures a été calculée en tablant sur la température moyenne de chaque jour.

Les résultats suivants ont été obtenus pour les 5 pontes.

Tableau 8.

Durée de l'incubation et somme des températures des œufs d'E. ornatum en plein air.

DATE DE LA PONTE.	DURÉE DE L'INCUBATION.	SOMME DES TEMPÉRATURES.
21 avril	23 jours.	113° jours.
20 juillet	10 —	102° —
21 juillet	7 —	72°5 —
23 juillet	7 —	67° —
25 juillet	10,5 —	93° —

Alors que la constante thermique des œufs élevés à une température constante nécessite 88°-jours, la somme des températures varie ici de 67° et 113°-jours, c'est-à-dire presque du simple au double. Peut-on raisonnablement dans ces conditions accorder une grande valeur pratique à la théorie de la constante thermique pour les insectes se trouvant sous une forme immobile ou se déplaçant très peu : œuf, larve, nymphe ou même adulte (cochenilles)?

A l'action propre des températures de la journée vient se superposer l'action du microclimat essentiellement variable suivant le lieu, l'exposition, etc. Dans le cas présent, les pontes du 21 et du 23 juillet étaient déposées sur le feuillage et recevaient les rayons solaires pendant toute la matinée et une partie de l'après-midi, la ponte du 20 juillet était ensoleillée seulement pendant une partie de la matinée; la ponte du 25 juillet située à la face inférieure d'une feuille était à l'ombre en permanence. Il a suffit de ces différences d'exposition pour provoquer d'aussi grandes variations de la durée de l'incubation.

Par contre, il semble *a priori* que le microclimat joue un rôle beaucoup plus effacé pour les formes pouvant se déplacer, l'insecte étant alors capable de gagner les endroits où la température est la plus voisine de son *preferendum*.

Observations sur la durée de développement des œufs et des larves de la deuxième génération. — Afin d'éliminer dans le mesure du possible l'action du microclimat, les œufs et les larves

de la deuxième génération ont été placés dans de petites cages cylindriques d'un diamètre de 14 centimètres et d'une hauteur de 20 centimètres constituées par une armature de rhodoïd transparent sur laquelle était collée une mousseline. Ces cages étaient enfoncées dans la terre de grands pots et recouvraient chacun un jeune pied de Chou. A 75 centimètres au-dessus de ces cages était disposée horizontalement une feuille de rhodoïd recouverte d'un grillage à mailles assez fines afin que les plantes ne reçoivent, pendant toute la journée qu'une lumière tamisée; de cette manière tous les insectes se trouvant dans les cages à la face supérieure des feuilles étaient sensiblement soumis à la même température et à la même insolation. Deux cages furent utilisées, chaque cage recevant une ponte; malheureusement, les observations ne purent être faites au delà du 4ᵉ stade larvaire; une des cages fut renversée par un violent orage et les insectes de la seconde moururent tous avant la mue imaginale.

Les températures furent notées à l'aide d'un thermomètre à maxima et minima disposé à la hauteur des cages et les températures moyennes ainsi trouvées servirent à calculer la constante thermique pour chaque stade.

Dans le tableau ci-dessous, les colonnes 2 et 6 mentionnent pour chaque pot, les température minima et maxima moyennes observées durant le stade considéré, les colonnes 3 et 7 la température moyenne durant cette même période, les colonnes 4 et 8 les sommes des températures effectives calculées en multipliant le nombre de jours nécessaires au développement de chaque stade par la température effective moyenne.

TABLEAU 9.

Détermination des sommes des températures effectives nécessaires au développement des insectes en plein air du 20 juillet au 17 octobre 1945.

STADES.	POT 1.				POT 2.				SOMME DES TEMPÉRAT.	
	DATES	TEMPÉRATURES min. et max. moyennes.	TEMP. moy.	SOMME des temp. effect.	DATES.	TEMPÉRATURES min. et max. moyennes.	TEMP. moy.	SOMME des temp. effect.	à TEMPÉRATURES constante 20°	à TEMPÉRATURES alternées 13,2 et 23,4.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Oeuf	31/ 7	11,7	17,7	91,2	21/7	13,2	22,0	95,0	88,0	91,0
	16/ 8	23,7			30/7	30,8				
1ᵉʳ stade	16/ 8	13,0	18,6	36,9	30/7	12,0	20,8	31,5	31,9	29,6
	25/ 8	24,2			4/8	29,6				
2ᵉ stade	25/ 8	14,2	21,5	71,5	4/8	11,1	19,9	68,6	71,0	43,7
	5/ 9	28,8			18/8	28,7				
3ᵉ stade	5/ 9	12,4	18,5	60,0	18/8	13,0	18,7	57,2	58,5	39,5
	17/ 9	24,6			29/8	24,5				
4ᵉ stade	17/ 9	7,1	14,5	75,0	29/8	14,1	21,4	84,6	80,0	55,7
	17/10	21,8			7/9	28,7				
TOTAL des œufs + st. larv.				334,6				336,9	329,4	259,5
TOTAL st. larv.				243,4				241,9	241,4	168,5

En ce qui concerne l'œuf et les trois premiers stades larvaires les résultats obtenus dans les deux pots concordent assez bien; par contre des différences considérables sont notées pour le développement du 4ᵉ stade larvaire et cela paraît attribuable aux températures relativement basses sous lesquelles s'est développé le 4ᵉ stade du pot 1. Dans le calcul des sommes de températures relatives aux températures constantes il a été vu qu'aux températures basses, les sommes des températures trouvées étaient notablement infé-

rieures à celles obtenues aux températures moyennes, il n'est donc pas étonnant que nous trouvions dans cet élevage un chiffre plus faible; en effet durant la période du 17 septembre au 17 octobre, les minima furent inférieurs à 10° pendant vingt et un jours.

VIII. Conclusions.

L'élevage d'un grand nombre d'*E. ornatum* à différentes températures constantes et alternées à montré que ces insectes présentent à tous les stades des variations parfois importantes de la durée du développement; ces variations sont plus marquées pour les larves au 3ᵉ, 4ᵉ, 5ᵉ stades; bien qu'il n'en ait pas été fait mention dans ce travail, elles sont encore plus importantes pour la période qui sépare la mue imaginale de la première ponte (1ʳᵉ génération).

Dans ces conditions, la détermination précise de la durée du développement d'un stade nécessite un grand nombre d'élevages à différentes températures afin d'obtenir une moyenne satisfaisante.

Diverses formules ont été utilisées pour indiquer les relations existant entre la température et la durée du développement *d'E. ornatum;* celle qui concorde le mieux avec les résultats obtenus est la formule de la constante thermique pour les températures comprises entre 19 et 31°; elle ne convient pas pour les températures inférieures ou supérieures à ces chiffres. L'inconvénient n'est pas grave pour les températures élevées car l'optimum thermique est généralement peu éloigné des températures maxima de la France; pour les températures basses par contre, les erreurs peuvent être très importantes.

A ce point de vue, l'emploi des unités de développement telles que les a définies Shelford est préférable mais l'établissement de graphiques analogues à ceux qu'a réalisés cet auteur pour le Carpocapse nécessite un travail énorme. Cette méthode ne peut donc être envisagée que pour des insectes ayant une très grande importance économique.

Il n'est pas possible pour le moment de formuler des conclusions générales relativement à l'action des températures alternées, des résultats contradictoires ayant été obtenus par les divers auteurs qui se sont occupés de cette question. Cela tient pour une part à ce que les uns utilisent comme températures minima des températures inférieures au seuil de développement alors que d'autres emploient des températures égales ou supérieures à ce seuil. Il est vraisemblable aussi que les réactions des Insectes aux températures alternées sont différentes suivant les espèces.

Les résultats obtenus avec *E. ornatum* élevé à des températures effectives alternées montrent que le changement de température accélère le développement des larves qui se nourrissent et qu'il a peu d'action sur les larves au premier stade, qui ne mangent pas. L'accélération de développement est notable, lorsqu'une température effective alterne avec une température basse inférieure ou légèrement supérieure au seuil de développement et ceci pour tous les stades.

Les températures variant lentement dans le courant de la journée comme cela a lieu en plein air n'accélèrent pas le développement des larves d'*E. ornatum* lorsque les températures maxima et surtout les températures minima ne s'éloignent pas trop des températures effectives limites; il semble résulter de ces expériences que les sommes de température obtenues dans ces conditions sont sensiblement identiques à celles obtenues par l'élevage à des températures constantes.

Dans la nature, la croissance des Insectes est soumise à l'action de nombreux facteurs

biotiques et abiotiques dont les combinaisons sont complexes; on ne peut donc raisonnablement envisager l'application des données fournies par les essais de laboratoire à la détermination précise de l'air géographique qui peut occuper une espèce; on ne peut non plus prévoir d'une manière mathématique le nombre de générations que peut présenter un Insecte homodyname dans une région en se basant sur deux facteurs climatiques (température et humidité relative, ou température et pluviométrie). Ce que l'on obtient de cette manière, c'est le nombre maximum des générations qui peuvent s'y développer; ce maximum n'est pas toujours atteint par suite de l'action frénatrice exercée par les facteurs biotiques.

Ceci ne veut pas dire que les études écologiques relatives à l'action des facteurs climatiques ne présentent qu'un médiocre intérêt; il est souhaitable au contraire que es études approfondies soient effectuées dans cette voie.

La grande variété géographique et climatique qu'offre notre pays dans des régions très étroites se prête bien à des études écologiques; par contre l'application pratique de ces études ne pourra guère se faire, sans difficultés spéciales, que dans les régions de plaine ou de vastes plateaux.

L'Écologie est une science relativement récente qui a déjà apporté une contribution importante à l'Entomologie appliquée et sur laquelle il est permis de fonder les plus grands espoirs, mais il ne faut pas lui demander plus qu'elle ne peut donner.

BIBLIOGRAPHIE

1936. Ahmad (T.). — The influence of constant and alternating Temperatures on the Developpement of certain Stages of Insects. (*Proc. nat. Inst. Sc. India* A, n° 2, p. 67-91, R.A.E. 1937, p. 43.)

1926. Belehradek (J.). — Sur la formule générale exprimant l'action de la température sur les processus biologiques. (*C. R. Soc. Biol.*, Paris 95, p. 1449-52.)

1927. Belehradek (J.). — Détermination de la viscosité protoplasmique au moyen d'un coefficient thermique. (*C. R. Soc. Biol.* 96, p. 1423-1426.)

1914. Blunck (H.). — Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago. (*Z. wiss. Zool.* 111, p. 76-151.)

1923. Blunk (H.). — Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago. 2. Teil. Die metamorphose. [B. Das larven und das Puppenleben]. (*F. wiss. Zool.*, 121, p. 171-391.)

1926. Bodenheimer (F. S.). — On predicting the developemental cycles of insects I. *Ceratitis capitata*, Wied. (*Bull. Soc. ent. Egypte*, 1924, p. 149-157.)

1927. Bodenheimer (F. S.). — Ueber die Voraussage der Generationenzahl von Insekten. III. Die Bedeutung des Klimas fur die landwirtschaftliche Entomologie. (*Zeit. f. Angew. Ent.*, 12 p. 91-122.)

1928. Bodenheimer (F. S.). und Schenkin (D.). — Ueber die Temperaturabhangigkeiten von Insekten. I. Ueber die Vorzugstemperatur einiger Insekten (*Zeit. f. vergl. Phys.* T; 8, p. 1-15.)

1938. Bodenheimer (F. S.). — Problems of Animal Ecology (1 vol. 183 p. Oxford.)

1925. Bodine (J.-H.). — Effect of temperature on the rate of embryionic development of certain Orthoptera. (*J. Exp. Zool.*, 42, p. 91-109.)

1946. Bonnemaison (L.). — Remarques sur la symbiose chez les *Pentatomidae* [Hem.]. (*Bull. Soc. Ent. France*, p. 40-42.)

1927. Cook (C.). — Some effects of alternating temperatures on the growth and metabolism of cutworm larvae. (*Journal of Econ. Ent.*, p. 769-782.)

1932. Cousin (G.). — Étude expérimentale de la diapause des Insectes. (*Supp. Bull. Biol. France et Belgique*, XV, p. 1-341.)

1938. Couturier (A.). — Contribution à l'étude biologique de *Podisus maculiventris* Say, prédateur américain du Doryphore. (*Ann. Epiph. et Phytogénétique*, 4, p. 95-165.)

1939. Couturier (A.). — Observations biologiques sur *Podisus maculiventris* Say, ennemi naturel du Doryphore. (*Soixante-douzième Congrès des Sociétés savantes*, p. 131-133.)

1942. Davidson (J.). — On the Speed of Development of Insect Eggs at constant Temperatures. (*Aust. J. exp. Biol. med. Sc.*, 20 pt. 4, p. 233-239.)

1944. Davidson (J.). — On the Relationship between Temperature and Rate of Development of Insects at constant temperatures. (*J. Animal Ecol.* 13, n° 1, p. 26-38.)

1944. Geslin (H.). — Étude des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du climat [Température et radiation solaire]. Contribution à l'étude du climat du blé. (*Thèse Doct. Fac. Sciences*, Paris, 1 vol. 116 p.)

1936. Goszwald (K.). — Physiologische Untersuchungen uber die Einwirkung okologischer Faktoren, besonders Temperatur und Luftfeuchtigkeit, auf die Entwicklung von *Diprion* (*Lophyrus*) *pini* L. zur Ferstellung der Ursachen des Massenwechsels. (*Zeits. f. Ang. Ent.*, 22 p. 331-384.)

1914. Headlee (T. J.). — Some data on the effect of temperature and moisture on the rate of insect metabolism. (*J. of. Econ. Ent.*, VII p. 413-417.)

1925. Janische (E.). — Ueber die Temperaturabhangigkeit biologischer Vorgange und ihre kurvenmassige Analyse. (*Arch. ges. Physiol.*, 209, p. 414-436.)

1926. Janisch (E.). — Ueber das Exponentialgesetz und seine Bedeutung fur die Pflanzenschutz-forschung. (*Verh. deuts. Ges. Angew. Ent.*, 5, p. 55-63.)

1927. Janisch (E.). — Das Exponentialgesetz als Grundlage einer vergleichenden Biologie. (*Abh. Theorie organ. Entwick.* Hft. 2 : 383 p.)

1928. Janisch (E.). — Die Lebens und Entwicklungsdauer der Insekten als Temperaturfunktion. (*Z. wiss. Zool.* 132, p. 176-186.)

1930. Janisch (E.). — Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Umweltfaktoren auf Insekten. I. Die Massenvehrmehrung der Baumwolleneule *Prodenia littoralis* in Agypten. (*Z. Morph. Oekol. Tiere*, 17, p. 339-41.)

1939. Kamenskii (S. A.), and Mende (V. N.). — Effect of Temperature and Moisture on the Developpement of the Beet Weevil. (*Plant Prot.*, n° 19. p. 3-28 (en russe), R. A. E. 1940, p. 124-126.)

1934. Kozhantschikow (I. W.). — Zur Frage nach dem Temperatur optimum des Lebens. II. Ueber die Temperaturabhangigkeit einzelner physiologischer Prozesse und ihre Beziehung auf das Lebens-optimum des Organismus. (*Z. angew. Ent.*, 20, p. 590-610.)

1936. Kozhantschikow (I.W.). — VI. Ueber die physiologische Bedeutung der Warmesumme bei Insekten. (*Zool. Anz.* 113, p. 7-13.)

1937. Kozhantschikow (I. W.). — Some data on the effect of Temperature and Humidity on the Developpement of *Phytometra gamma* L. (*Plant Prot.* n° 14, p. 49-61 [en russe], R. A. E., 1938, p. 351.)

1914. Krogh (A.). — On the rate of development an CO^2 production of chrysalids of *Tenebrio molitor* at different temperatures. (*Z. allg. Physiol.*, 16, p. 178-190.)

1926. Ludwig (D.). — Effects of temperature on the rate of development of the « Jap » beetle [*Popillia japonica*]. (*Anat. Rec.*, p. 34-121.)

1928. Ludwig (D.). — The effects of temperature on the development of an insect [*Popillia japonica*, Newman]. (*Physiol. zool.*, 1, p. 358-389.)

1925. Martini (E.). — Ueber die Wärmesummenregel. (*Z. angew. Ent.*, 11, p. 301-305.)

1928. Martini (E.). — Uber die Kettenlinie und die Exponentialkurve überhaupt als Bilder für die Abhängigkeit der Entwicklungsdauer von der Wärme. (*Z. angew. Entom.* 14, p. 273-284.)

1879. Oettingen (A. J. von). — Phänologie der Dorpater Lignosen. (*Arch. Naturk. Liv. Est-u. Kurlands*, 8, p. 241-352.)

1929. Parker (J. R.). — Some effects of temperature and moisture upon the activities of grasshoppers and their relation to grasshopper abundance and control. (*Trans. 4 th. Int. Congr. Ent. Ithaca*, 2, p. 322-332.)

1930. Parker (J. R.). — Some effects of temperature and moisture upon *Melanoplus mexicanus* Saussure and *Camnula pellucida* Scudder. (*Bull. Univ. Montana Agric. Exp. Sta* 223, p. 132.)

1932. Payne (N. M.). — Duration of the pupal stage of *Tenebrio molitor* L. at constant and alternating temperatures. (*Entom. News*, p. 6-7.)

1914. Peairs (L. M.). — The relation of temperature to insect development. (*J. Econ. Ent.*, 7, p. 174-179.)

1927. Peairs (L. M.). — Some phases of the relation of temperature to the development of insects. (*Bull. West Virginia Univ. Agric. Exper. Sta.* 208, 62 p.)

1907. Prochnow (O.). — Die Temperaturkurve der Entwicklungsgechwindigkeit für Pflanzen und poïkilotherme Tiere. (*Ent. Z. Guben* 20, p. 313-314.)

1908. Prochnow (O.). — Die Abhängigkeit der Entwicklungs-und Reaktionsgeschwindigkeit bei Pflanzen und poikilotherme Tieren von der Temperatur. (*Inaugural-Dissertation Berlin Universität*, 39 p.)

1914. Prochnow (O.). — Die analytische Methode bei der Gewinnung der Temperatur Aberrationen der Schmetterlinge. (*Biol. Zbl.* 34, p. 302-308.)

1938. Rubtssow (J. A.). — The Effect of constant and variable Temperatures on the Developpement of the Eggs of the Gipsy Moth (*Porthetria dispar* L.) [en russe]. (*Plant Protection*, p. 25-38, Res. anglais.)

1910. Sanderson (E.-D.). — The relation of Temperature to the Growth of Insects. (*Journ. Econ. Ent.*, 3, p. 113-140.)

1913. Sanderson (E. D.) and Peairs (L. M.). — The relation of Temperature to insect life. (*Techn. Bull. New Hampshire Coll. Agric. Exper. Sta.* 7 v., p. 125.)

1926. Shelford (V. E.). — The relation of Abundance of parasites to weather conditions. (*J. of Econ. Ent.*, 19, p. 293-288.)

1926. Shelford (V. E.). — Methods for the experimental study of the relations of insects to weather. (*Journ. of Econ. Ent.*, 19, p. 250-260.)

1929. Shelford (V. E.). — Laboratory and field ecology, 1 vol., 608 p.

1931. Tessier (G.). — Recherches morphologiques et physiologiques sur la croissance des Insectes. (*Thèse*, 238 p., Paris.)

1931. Uvarov (B. P.). — Insects and Climate. (*Trans. Ent. Soc. London*, 79, p 1-247.)

1936. Voute (A. D.). — Die Eientwicklung der Mehlmotte *Ephestia Kühniella* Zell, bei konstanten und schwankenden Temperaturen. (*Z. angew. Entom.* 22, p. 1-25 et 165-184.)

LES RÉSIDUS D'ARSENIC
SUR LES POMMES ET LES POIRES TRAITÉES
CONTRE LE CARPOCAPSE.

DEUXIÈME PARTIE.

par M. RAUCOURT,
Laboratoire de Phytopharmacie de Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE.

Réglementation des traitements arsenicaux.

Les conditions d'emploi des bouillies arsenicales en agriculture sont réglementées par l'arrêté du 15 septembre 1916, qui a été modifié à deux reprises, le 25 février 1928 et le 22 juillet 1935. L'article qui fixe les dates d'application des bouillies est actuellement rédigé comme suit, en ce qui concerne le pommier et le poirier :

«Art. 2. — Les traitements par les composés arsenicaux, en pulvérisations et en badigeonnages, ... sont autorisés :

« 1° ....

« 2° Pommiers, poiriers : de l'époque qui suit la récolte totale des fruits jusqu'à deux mois au moins avant la récolte.

« 3° ....»

Précédemment, ces traitements n'étaient autorisés que jusqu'à trois semaines, puis jusqu'à cinq semaines après la floraison. Ces limites étaient beaucoup trop restreintes : elles obligeaient à interrompre les principaux traitements arsenicaux du pommier et du poirier, ceux qui sont dirigés contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella*), à l'époque où, sous le climat français, ils auraient dû commencer.

Par une étude faite en 1935, nous avons cherché à évaluer les conséquences que pouvait avoir pour l'hygiène l'application des différentes dispositions légales adoptées depuis 1916. Nous avons montré que les résidus d'arsenic portés par les fruits au moment de la récolte étaient de l'ordre de 0 mg. 1 par kg., dans les traitements interrompus 5 semaines après la floraison — et qu'ils restaient nettement inférieurs à 1 mg. par kg., lorsque les traitements étaient prolongés jusqu'à deux mois de la récolte [1].

Ces premiers essais avaient été réalisés sur une petite échelle : les traitements portaient sur quelques arbres seulement. Il a paru nécessaire d'étudier les conséquences de l'arrêté du 22 juillet 1935 par une enquête expérimentale plus étendue. Ce travail a été effectué en 1936. Diverses circonstances nous ont empêché d'en publier plus tôt les résultats, qui n'ont d'ailleurs rien perdu de leur actualité. Nous chercherons à en tirer des conclusions en vue d'une nouvelle réglementation de l'emploi des bouillies arsenicales.

Organisation du travail.

Les traitements effectués correspondaient à deux idées :

1. Contrôle des traitements arrêtés deux mois avant la récolte, conformément à l'arrêté du 22 juillet 1935.

2. Essais de traitements plus tardifs.

Afin de donner à cette expérience une ampleur suffisante, les applications ont été effectuées sur des vergers entiers, dont les propriétaires, au nombre de 65, ont été autorisés, par une décision ministérielle en date du 27 juin 1936, à effectuer des pulvérisations arsenicales jusqu'à 25 jours avant la récolte. Ces traitements étaient soumis à deux restrictions. Ils ne devaient avoir lieu, en aucun cas, après le 31 août; entre le 1er juillet et le 31 août, les bouillies ne devaient pas comporter plus de 700 gr. de produit par hectolitre, ni aucune addition d'huile [2].

Les fruits traités dans ces conditions ne devaient être mis en vente que dans la mesure où leur analyse ne révélerait pas des teneurs dangereuses en arsenic. A cet effet, des échantillons de fruits devaient nous être envoyés par les arboriculteurs, qui nous faisaient connaître :

a. Le nombre et la date des traitements arsenicaux effectués;
b. La composition des bouillies employées;
c. La date de la récolte;
d. L'efficacité présentée par les traitements.

Les échantillons prélevés étaient d'au moins un kilogramme. Ils comprenaient en général de 6 à 10 fruits.

Les dosages d'arsenic ont été effectués dans les conditions suivantes. Les fruits étaient

(1) M. Raucourt, B. Trouvelot et G. Castets. — Les résidus d'arsenic sur les Pommes et les Poires traitées contre le Carpocapse. Première partie : Essais de 1935, *Ann. des Epiph.*, 4, 337-356, 1938.

(2) Il aurait été plus précis d'exprimer cette richesse limite des bouillies en grammes d'arsenic par hl. Mais, à cette époque, la teneur en arsenic des produits du commerce n'était généralement pas connue des utilisateurs. Les spécialités les plus employées étant des arséniates de plomb à 10-12 p. 100 d'As, 700 g. de produit par hl. correspondait en moyenne à 80 g. d'As.

pelés soigneusement, de manière que toute trace d'arsenic superficiel fût enlevée. Les pelures étaient séchées à l'étuve à 100-110°.

On en prélevait une partie aliquote, par exemple le quart, qui était soumise à une attaque nitro-sulfo-perchlorique. L'arsenic était dosé dans la liqueur acide d'après la méthode de Gutzeit par entraînement à l'état de AsH^3 et formation d'une tache sur une bande de papier au chlorure mercurique.

Résultats obtenus.

Au total, 140 lots de pommes et de poires ont été analysés; 107 correspondaient exactement à notre étude. Les 33 autres se répartissaient ainsi :

Fruits traités en vue d'essais restreints : 27 lots;
Résultats inutilisables, faute de renseignements : 3 lots;
Fruits importés de l'étranger : 3 lots.

Il nous paraît inutile de donner le détail de toutes les analyses. Nous nous bornerons à faire connaître les résultats moyens, classés par département et en fonction du délai écoulé entre le dernier traitement arsenical et la récolte. Les chiffres correspondant aux traitements plus tardifs que ne le prévoit la législation sont imprimés en italique (tableau I).

Tableau I. — *Dépôts arsenicaux sur les fruits au moment de la récolte.*

Département.	Nature des fruits.	Délai entre le dernier traitement et la récolte.	Nombre d'échantillons analysés.	Arsenic (As) en mg. par kg.
Isère	Poires	31 à 45 jours	1	*0,612*
Rhône	Poires	31 à 45 jours	7	*0,820*
		15 à 30 jours	5	*0,821*
	Pommes	61 à 75 jours	2	0,752
Vaucluse	Poires	46 à 60 jours	8	*1,582*
		31 à 45 jours	2	*2,148*
		15 à 30 jours	1	*0,509*
Ardèche	Poires	46 à 60 jours	1	*0,428*
Var	Poires	31 à 45 jours	3	*1,572*
	Pommes	31 à 45 jours	2	*1,591*
Pyrénées-Orientales	Poires	31 à 45 jours	7	*2,250*
		15 à 30 jours	2	*1,955*
	Pommes	76 à 90 jours	1	0,790
		46 à 60 jours	2	*1,347*
		31 à 45 jours	1	*0,603*
Gironde	Poires	76 à 90 jours	2	0,561
		61 à 75 jours	2	0,689
		46 à 60 jours	1	*0,506*
		31 à 45 jours	1	*0,935*
		15 à 30 jour.	1	*0,587*
	Pommes	61 à 75 jours	1	0,847
		31 à 45 jours	2	*1,538*
Charente-Maritime	Poires	76 à 90 jours	3	0,847
		46 à 60 jours	1	*0,201*
Vendée	Poires	15 à 30 jours	1	*0,937*
Loire	Poires	31 à 45 jours	2	*0,651*
	Pommes	46 à 60 jours	1	*0,383*
Puy-de-Dôme	Poires	61 à 75 jours	3	0,793
		31 à 45 jours	2	*0,361*
	Pommes	46 à 60 jours	4	*0,550*

TABLEAU I. — *Dépôts arsenicaux sur les fruits au moment de la récolte.* (Suite.)

DÉPARTEMENT.	NATURE des FRUITS.	DÉLAI ENTRE LE DERNIER TRAITEMENT et la récolte.	NOMBRE D'ÉCHANTILLONS analysés.	ARSENIC (As) EN MG. PAR KG.
Loir-et-Cher	Pommes	76 à 90 jours	1	0,344
		46 à 60 jours	1	0,564
Loiret	Pommes	46 à 60 jours	2	0,511
Seine-Inférieure	Poires	61 à 75 jours	1	0,363
		46 à 60 jours	1	0,744
		15 à 30 jours	1	1,068
Eure	Poires	15 à 30 jours	2	1,183
Seine-et-Oise	Poires	31 à 45 jours	2	0,629
Seine	Poires	31 à 45 jours	3	0,629
Nord	Poires	46 à 60 jours	5	0,422
	Pommes	46 à 60 jours	4	0,600
		31 à 45 jours	4	1,207
		15 à 30 jours	5	0,814
Bas-Rhin	Pommes	66 à 90 jours	1	0,906
		61 à 75 jours	2	1,484

Les chiffres moyens donnés par les 107 lots pour toute la France sont les suivants :

TABLEAU II. — *Teneurs moyennes, minima et maxima des fruits en arsenic (As), en fonction de la période sans traitement.*

DÉLAI ENTRE LE DERNIER TRAITEMENT et la récolte.	NOMBRE D'ÉCHANTILLONS correspondant.	TENEUR DES FRUITS EN AS, EN MG. PAR KG. CHIFFRE MINIMUM.	CHIFFRE MAXIMUM.	MOYENNE.
de 76 à 90 jours	8	0,239	0,906	0,521
de 61 à 75 jours	11	0,363	2,063	0,851
de 46 à 60 jours	27	0,182	4,425	0,855
de 31 à 45 jours	43	0,080	3,671	1,207
de 15 à 30 jours	18	0,269	2,217	0,977

Les moyennes augmentent, dans l'ensemble, en même temps que la durée de la période sans traitement diminue. Mais la courbe n'a rien de régulier. La dernière moyenne, correspondant aux dates les plus rapprochées de la récolte, est inférieure à celle de la période précédente. Ce fait est sans doute dû à ce que les arboriculteurs ont appliqué de façon très prudente les pulvérisations les plus tardives.

D'ailleurs, en raison des multiples facteurs qui interviennent dans ces essais, un nombre d'analyses beaucoup plus considérable aurait été nécessaire pour que les moyennes obtenues soient autre chose que des ordres de grandeur.

Si nous considérons des résultats isolés, tels que les minima et maxima correspondant à chaque période, ils varient de façon désordonnée.

Il est impossible d'établir un rapport quelconque entre les chiffres d'arsenic trouvés à l'analyse et certains facteurs, tels que : l'espèce et la variété des fruits ; leur grosseur et leur vitesse de croissance ; la dimension et la forme des arbres ; la situation géogra-

phique; l'abondance des pluies dans le verger; la quantité de bouillie utilisée; la nature des produits arsenicaux [1].

Rappelons, sur ce dernier point, que la plupart des traitements tardifs ont utilisé des bouillies de richesse en arsenic limitée. Mais, si cette teneur en As a été relativement constante, bien d'autres caractères des bouillies ont varié : nature du composé arsenical, qualités physiques des spécialités, additions de mouillants par l'opérateur, mélange avec d'autres composés antiparasitaires. En fait, sur la soixantaine d'arboriculteurs qui nous ont envoyé des échantillons de fruits, il n'en est pas deux qui aient appliqué des bouillies identiques.

La diminution des dépôts toxiques par kilogramme de fruits, après les derniers traitements insecticides, est due beaucoup plus au grossissement des fruits qu'au lavage par les pluies. L'étude de ce dernier facteur aurait nécessité des relevés pluviométriques précis dans chaque verger, ce qui n'était pas possible dans les conditions de notre travail. Mais nous pouvons obtenir une idée d'ensemble de la pluviosité, dans la période de nos essais, en notant les précipitations atmosphériques relevées par l'Office national météorologique entre le 1er juin et le 1er novembre 1936, dans plusieurs villes des régions où les traitements ont été réalisés.

Le tableau III indique les hauteurs totales de pluies au cours de cette période, ainsi que les différences avec les précipitations moyennes en chaque point.

Tableau III. — *Précipitations atmosphériques, du 1er juin au 1er novembre 1936.*

Localités.	Hauteur totale de pluie.	Différence avec la moyenne.
Lyon	366 mm.	— 51 mm.
Le Puy	300 mm.	— 72 mm.
Toulouse	300 mm.	+ 17 mm.
Bordeaux	270 mm.	— 60 mm.
Tours	259 mm.	— 21 mm.
Paris	389 mm.	+ 119 mm.
Le Havre	243 mm.	— 128 mm.
Valenciennes	305 mm.	— 41 mm.

On voit que, sauf dans la région parisienne, l'été de 1936 a été plus sec que la moyenne. Il en résulte que les chiffres d'arsenic trouvés à l'analyse fournissent des conclusions qui ne risquent pas d'être trop optimistes.

Observations particulières.

Plusieurs producteurs de fruits ont procédé de leur propre initiative à des essais systématiques en rapport avec les traitements arsenicaux. Nous signalerons certains résultats isolés qui présentent de l'intérêt.

Dates des traitements. — Lorsque tous les autres facteurs sont invariables, les dépôts

[1] Plusieurs de ces facteurs ont été étudiés dans des publications précédentes :

M. Raucourt, B. Trouvelot et E. Cabane. — Importance et persistance des dépôts d'arsenic dans les traitements insecticides des prés-vergers. *Rev. de Path. vég. et d'Ent. agr.*, 22, 67-78, 1935.

M. Raucourt. — Les dépôts d'arsenic dans les prés-vergers à la suite des traitements insecticides. *Ann. des Epiph.*, 4, 589-598, 1938.

Voir aussi la note 1 de la page 146.

d'arsenic augmentent régulièrement avec le nombre des traitements et leur application tardive. Voici trois exemples de ce fait :

Tableau IV. — *Influence de l'augmentation du nombre des traitements.*

Nombre et dates des traitements.	Délai entre le dernier traitement et la récolte.	Teneur en As des fruits, en mg. par kg.
1. Poiriers *William's*, à Baix (Ardèche). Bouillie contenant uniquement 1 kg. d'arséniate de plomb naissant par hl. (= 98 g. d'As). Date de la récolte : 7 août.		
2 { 7 avril ; 28 avril	101 jours	0,020
3 { mêmes dates ; + 20 mai	79 jours	0,248
4 { mêmes dates ; + 18 juin	51 jours	0,428
2. Pommiers *Reinette du Canada*, à Fuilla (Pyrénées-Orientales). Bouillie contenant uniquement 700 g. d'arséniate de plomb par hl. (= 77 g. d'As). Date de la récolte : 20 septembre.		
1 : 8 mai	135 jours	0,164
2 { 10 mai ; 20 juin	92 jours	0,377
3 { mêmes dates ; + 15 août	36 jours	0,603
3. Poiriers *Président Drouard*, à Rouen. Bouillie contenant uniquement 1 kg. d'arséniate de plomb par hl. (= 110 g. d'As.). Date de la récolte : 15 octobre.		
1 : 10 Août	66 jours	0,363
2 { 10 août ; 25 août	51 jours	0,744
3 { mêmes dates ; + 10 septembre	25 jours	1,068

Nature des traitements. — Notre regretté collègue P.-H. Joëssel avait effectué des essais comparatifs précis, sur de petits nombres d'arbres, afin d'étudier la valeur insecticide et l'importance des dépôts dans toute une série de bouillies et de poudres arsenicales. Nous citerons en particulier l'expérience suivante :

Tableau V. — *Importance des dépôts d'arsenic en fonction de la nature des produits.*

Poiriers *Monsallard*, à Avignon.
5 traitements, les 15 août, 6 mai, 27 mai, 16 juin, 4 juillet.
Récolte le 31 juillet.
Délai entre le dernier traitement et la récolte : 27 jours.

Nature du traitement.	Nombre d'échantillons.	Teneur des fruits en As, mg. par kg.
Bouillie simple à l'arséniate de plomb (80 g. d'As par hl.)	1	2,027
Même bouillie aditionnée de mouillants (caséine, sels biliaires, alcools terpéniques sulfonés, mouillants synthétiques)	7	2,585
Même bouillie additionnée d'huile de pétrole (400 g. d'huile par hl.)	1	6,192
Poudrage par un arséniate de chaux à 12,7 p. cent d'As	2	9,761

Cet essai semble indiquer une augmentation des dépôts toxiques due à l'addition de mouillants. Nous ne sommes pas certain, cependant, que les chiffres obtenus soient significatifs. Si les lots traités à la bouillie arsenicale mouillante sont au nombre de 7, le chiffre correspondant à la bouillie simple ne repose, en effet, que sur une seule analyse.

Par contre, l'influence de l'addition d'une émulsion d'huile de pétrole est considérable et incontestable : elle triple, dans cet essai, l'importance du dépôt toxique.

L'application d'une poudre arsenicale a provoqué, elle aussi, la formation de dépôts toxiques excessifs. Cette technique, il est vrai, n'est pas dans la pratique courante, et les quantités de poudre appliquées ont pu être exagérées.

L'action considérable des huiles, dans la question qui nous intéresse, est confirmée par un autre essai : un arboriculteur d'Angers a cherché «à réaliser le dépôt d'arséniate de plomb maximum, pour la plus longue durée»; il a additionné ses bouillies arsenicales de 600 gr. d'huile de pétrole par hectolitre. A la suite de deux traitements seulement, effectués le 21 mai et le 7 juillet, il a récolté, 87 jours plus tard, des poires portant encore 11 mgr. 762 d'As par kilogramme. Il n'est pas douteux que la présence d'huile dans les bouillies arsenicales agit de façon très importante sur la grandeur des dépôts toxiques au moment de la récolte.

Action insecticide et dépôts arsenicaux. — Dans notre enquête auprès des producteurs de fruits, nous avions cherché à connaître la protection contre le Carpocapse donnée par les traitements correspondant à nos analyses. Les conditions de l'été 1936 n'ont pas favorisé cette recherche, les attaques de l'insecte ayant été, en général, assez modérées. La plupart des arboriculteurs nous ont signalé que leurs traitements avaient donné de bons résultats, avec une proportion nulle ou très faible de fruits véreux à la récolte.

Arsenic sur des fruits importés ou mis en vente. — Les Stations de désinfection du Service de la Protection des Végétaux nous ont adressé 3 lots de fruits d'origine américaine qui portaient des traces visibles de traitements antiparasitaires. D'autre part, un de nos correspondants nous a remis un lot de poires prélevées aux Halles Centrales de Paris et couvertes d'un dépôt blanchâtre. Voici les résultats de l'analyse de ces fruits :

TABLEAU VI. — *Arsenic sur des fruits importés ou mis en vente.*

NATURE DES FRUITS.	ORIGINE.	NOMBRE DE FRUITS dans l'échantillon.	TENEUR EN AS EN MG. PAR KG.
Pommes *Delicious*	Colombie britannique	8	0,621
Poires *William's*	Amérique du Nord	8	0,816
Poires *William's*	Argentine	4	0,761
Poires *Madeleine*	France	8	2,043

Essais sur divers fruits.

Nous signalerons, à l'occasion de ce travail, les résultats de petits essais effectués sur des fruits autres que la pomme et la poire.

Traitement sur cerises. — Un cerisier *Bigarreau Napoléon*, basse tige, de 2 m. 20 de hauteur totale et 3 mètres de diamètre, a été traité, 3 semaines après la fin de la floraison,

par une bouillie arsenicale contenant 77 g. d'As par hectolitre. Le produit commercial employé était un arséniate de plomb en pâte, à 10,3 d'As p. 100. La pulvérisation avait paru copieuse, avec une consommation de bouillie de 3 l. 4 pour l'arbre. Cependant, le feuillage, analysé le lendemain du traitement, ne portait que 2 γ d'As par centimètre carré.

La variation de l'arsenic déposé sur les cerises est indiquée par le tableau suivant, le dernier dosage étant effectué sur des fruits mûrs.

Tableau VII. — *Dépôts d'arsenic sur des cerises.*

Jours après le traitement.	Poids d'une cerise.	Quantités d'arsenic trouvées à l'analyse. par cerise.	par kg.
1 jour	0,52 g.	2,5 γ	4,8 mg.
21 jours	1,32 g.	1,0 γ	0,8 mg.
46 jours	5,28 g.	0,8 γ	0,15 mg.

Malgré la petitesse des fruits, les résidus d'arsenic au moment de la récolte sont insignifiants. Il serait donc possible d'effectuer des traitements arsenicaux sur les cerisiers, sans danger pour les consommateurs, en les interrompant 6 semaines avant la récolte. La sécurité est renforcée par la constatation que l'importante chute des teneurs en arsenic, rapportées au kilogramme de fruits, est surtout due au grossissement de ceux-ci. Si, dans l'expérience précédente, nous supposons que tout l'arséniate déposé sur les cerises par le traitement y subsiste au moment de la récolte, le chiffre d'As retrouvé à ce moment ne serait encore que de 0 mg. 47 par kilogramme.

Traitement sur groseilles à maquereau. — La même bouillie à 77 g. d'As par hectolitre a été appliquée sur des groseilliers à maquereau formant des touffes peu serrées de 30 cm. de haut et 50 cm. de diamètre. Le traitement a été effectué 15 jours après la floraison et on a appliqué 0 l. 1 de bouillie par plante. Le traitement s'est révélé plus intense que le précédent et on a relevé, le lendemain, une teneur de 6 γ 3 d'As par centimètre carré de feuille.

Trois analyses ont été effectuées sur les fruits, la dernière lorsque ceux-ci étaient peu éloignés de la maturité. Les chiffres suivants ont été trouvés :

Tableau VIII. — *Dépôts d'arsenic sur groseilles à maquereau.*

Jours après le traitement.	Poids d'une groseille.	Quantités d'arsenic trouvées à l'analyse. par groseille.	par kg.
1 jour	0,5 g.	2,9 γ	5,8 mg.
21 jours	0,8 g.	1,3 γ	1,6 mg.
46 jours	1,7 g.	0,45 γ	0,27 mg.

Si nous comparons ces résultats à ceux que nous ont donné les cerises, fruits de même grosseur que les groseilles au moment du traitement, nous voyons que la différence de teneur en arsenic des feuilles ne se retrouve pas sur les fruits. Les groseilles semblent protégées contre un traitement arsenical en raison de leur position à la face inférieure

des rameaux, qui sont pour la plupart horizontaux. Le feuillage arrête une pulvérisation venant du haut et elles doivent recueillir relativement moins de produit que les feuilles.

Mais leur grossissement est beaucoup plus lent que celui du *Bigarreau Napoléon* et, peu de temps avant la récolte, elles conservent plus d'arsenic que les cerises. Cette quantité de 0 mg. 27 par kilogramme n'est d'ailleurs pas inquiétante.

Traitement sur cassis. — Même bouillie à l'arséniate de plomb contenant 77 g. d'As par hectolitre. L'application a été faite 10 jours après la floraison, sur des buissons au feuillage dense de 75 cm. de haut et 1 m. de diamètre. On a utilisé 0 l. 3 de bouillie par plante. Le feuillage portait, le lendemain du traitement, 4 γ 2 d'As par centimètre carré.

Les fruits ont été suivis jusqu'à maturité ; les quantités d'arsenic retrouvées sont les suivantes :

Tableau IX. — *Dépôts d'arsenic sur cassis.*

JOURS APRÈS LE TRAITEMENT.	POIDS D'UN CASSIS.	QUANTITÉS D'ARSENIC TROUVÉES À L'ANALYSE.	
		par cassis.	par kg.
1 jour	0,037 g.	1,6 γ	44,3 mg.
21 jours	0,138 g.	0,9 γ	7,0 mg.
46 jours	0,387 g.	0,5 γ	1,25 mg.

Le grossissement des cassis est du même ordre que celui des cerises : 10 fois en 46 jours. La chute de l'arsenic, rapporté au kilogramme est également du même ordre. Mais en raison de la petitesse des fruits, le dépôt d'arsenic restant à la récolte n'est pas négligeable.

Il faut noter, par ailleurs, que, contrairement à ce qui se produit pour les pommes et les poires, les trois espèces de fruits que nous venons de considérer se mangent sans être épluchés. Tout l'arsenic qu'ils portent au moment de la récolte sera donc absorbé par le consommateur. Si, dans les conditions de nos traitements, il apparaît nettement que les fruits de la grosseur d'une cerise peuvent recevoir, sans inconvénient, un traitement arsenical six semaines avant la récolte, la question demanderait à être examinée de très près dans le cas de fruits plus petits.

Dates des traitements et des récoltes.

A côté des renseignements d'ordre chimique que nous a fournis cette étude, nous pouvons y rechercher des données sur les dates de récolte des pommes et des poires, ainsi que sur les délais qui séparent le dernier traitement de la récolte.

Dates de récolte. — Le graphique n° 1 indique la proportion des lots de fruits cueillis entre le 20 juillet et le 30 octobre. Nous avons considéré séparément les poires et les pommes.

Malgré des irrégularités dues au nombre insuffisant des lots, ce graphique montre nettement que la période de cueillette des pommes est en moyenne plus tardive que celles des poires. Elle est aussi beaucoup plus courte. Alors que la récolte des diverses variétés

de poires a lieu entre le 1er août et le 20 octobre, celle des pommes se localise en grande partie entre le 10 septembre et le 1er novembre.

Durée de la période sans traitement. — Nous ne trouvons pas la même différence entre les deux espèces en ce qui concerne l'intervalle de temps «dernier traitement, récolte». Cet intervalle est à peine plus long, en moyenne, pour le pommier que pour le poirier, et la durée qui présente le maximum de fréquence est de 40 jours dans les deux cas. Cette constatation est un peu surprenante. Elle indique que le dernier traitement des pommiers aurait lieu le plus souvent entre le 10 août et le 1er septembre. Il est peu probable

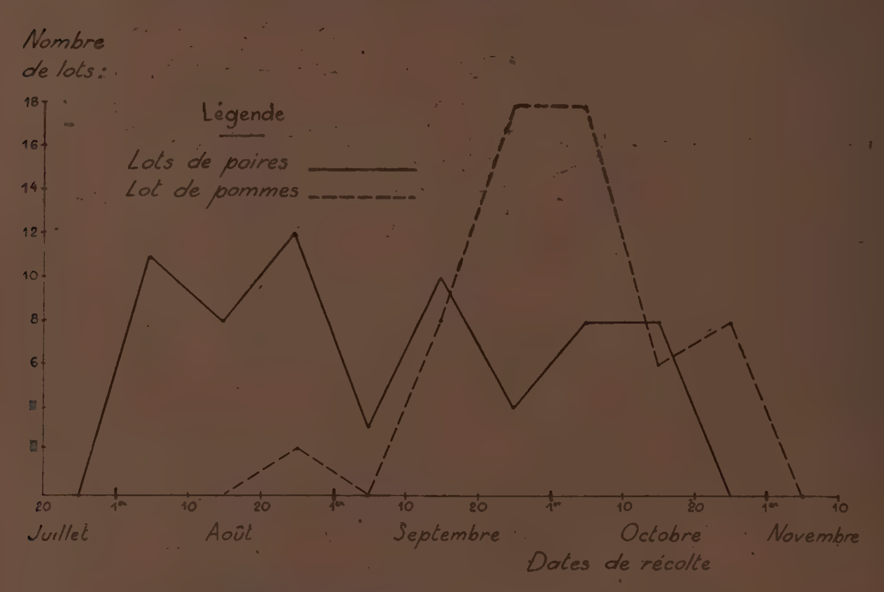


Fig. 1. — Fréquence des dates de récolte des Pommes et des Poires. (L'échelle en hauteur est doublée pour les lots de pommes.)

que des pulvérisations arsenicales aussi tardives soient indispensables dans la plupart des régions de la France.

Date du dernier traitement. — Le graphique établi en portant en ordonnée la fréquence des derniers traitements dans chaque décade résoud cette difficulté. Pour le poirier, cette période est étalée, comme celle de la récolte, le maximum de fréquence allant du 1er juillet au 10 août. Pour le pommier, la courbe présente deux maxima, l'un le 15 juillet l'autre, beaucoup plus important, le 25 août. Il paraît évident que c'est le premier maximum, et non le second, qui correspond aux nécessités culturales. Si de nombreux arboriculteurs ont traité leurs pommiers dans la dernière décade d'août, c'est que cette date était la limite fixée dans nos essais aux pulvérisations arsenicales. Ils ont cherché visiblement à effectuer, dans un but expérimental, des applications plus tardives que ne l'imposait la lutte contre le Carpocapse. Cette préoccupation a faussé, sur ce point, les résultats de notre enquête.

Bien que nos graphiques ne le montrent pas nettement, il est certain que les traitements tardifs sont beaucoup moins nécessaires pour le pommier que pour le poirier.

Aperçu de la législation américaine.

Nous avons exposé l'état actuel de la législation française en ce qui concerne les pulvérisations arsenicales sur pommiers et poiriers. Il serait utile d'examiner les dispositions adoptées dans les pays étrangers sur le même sujet. Dans plusieurs états, la question présente peu d'intérêt et n'a pas été envisagée spécialement. Chez d'autres, les dispositions légales que nous connaissons sont manifestement périmées. Seule, la législation des États-Unis apporte à cette question une solution que nous avons intérêt à connaître.



Fig. 2. — Fréquence des dates du dernier traitement.
(L'échelle en hauteur est doublée pour les lots de pommes.)

Le seul texte de loi qui concerne les dépôts toxiques sur les fruits et légumes est le *Food and drugs act* du 30 juin 1906, modifié en 1912, 1917, 1919 et 1927 ; il vise «la fabrication, la vente et le transport d'aliments, drogues, médicaments et liquides falsifiés, mal fabriqués, toxiques ou délétères». Il ne faut pas oublier que c'est une loi fédérale qui laisse subsister les lois particulières des États de l'Union ; elle considère donc spécialement la vente et le transport des produits d'un État à un autre, ainsi que leur exportation.

La section 1 de la loi interdit de vendre des matières falsifiées ; la section 2 interdit de les expédier d'un État à un autre ; la section 7 précise qu'on doit «considérer comme adultérés... dans le cas des aliments... ceux qui contiennent toute matière toxique ou délétère, ajoutée, qui puisse rendre le produit nuisible à la santé».

Afin d'établir l'adultération, il serait nécessaire, en chaque cas qui se présente, de démontrer par une étude toxicologique que la quantité des résidus toxiques trouvés sur les fruits ou les légumes peut être préjudiciable à la santé des consommateurs.

Mais, en pratique, dans le cas des traitements insecticides, une note du Département de l'Agriculture fixe chaque année les «tolérances» en résidus toxiques (arsenic, plomb ou fluor) sur les fruits et les légumes, c'est-à-dire les doses maxima de ces éléments que les matières alimentaires peuvent contenir, sans être réputées adultérées.

Ces tolérances ont longtemps été les suivantes :

Pour l'arsenic, 1 mg. d'As par kilogramme de fruits ou légumes (ou : 0 grain 01 d'$As^2 O^3$ par livre);
Pour le plomb, 2 mg. 7 de Pb par kilogramme (ou : 0 grain 019 par livre);
Pour le fluor, 2 mg. 8 de F par kilogramme (ou : 0 grain 02 par livre).

Au cours de la dernière guerre, elles ont été portées aux chiffres suivants :

2 mg. 7 par kilogramme pour l'As.
7 mg. par kilogramme pour le Pb.

Le règlement d'administration publique qui met en application le *Food and drugs act* détermine quels sont les agents habilités à faire les prélèvements et fixe les modalités de ceux-ci. Les analyses sont faites par les soins de l'Administration des aliments et drogues (qui correspond à notre Service de la répression des fraudes) suivant les méthodes officielles de l' «Association of Official Agricultural Chemists» (A. O. A. C.).

Les lots contenant des dépôts toxiques supérieurs à la tolérance sont saisis et leurs vendeurs sont exposés à une amende et à une peine de prison.

Quant aux conditions de vente et d'emploi agricole des produits antiparasitaires toxiques, elles ne sont fixées par aucun règlement. Il n'existe pas de loi d'État, ni de loi fédérale pour déterminer l'intensité ou la date des pulvérisations arsenicales. La protection des consommateurs est assurée par le contrôle chimique des produits alimentaires mis en vente.

D'autre part, des «recommandations» du Département de l'Agriculture, Bureau d'Entomologie et de Protection des végétaux, font connaître périodiquement aux agriculteurs les conditions dans lesquelles ils doivent traiter les arbres et laver les fruits, afin de ne pas s'exposer à vendre des produits tombant sous le coup de la loi.

Dans le cas de la lutte contre le Carpocapse, pour laquelle les pulvérisations à l'arséniate de plomb sont les remèdes les plus employés, le principe admis aux États-Unis, au moins dans les grandes régions productrices, est d'effectuer les traitements largement, mais d'éliminer après la récolte, par des lavages, l'excès d'arsenic et de plomb que les fruits (il s'agit surtout des pommes) peuvent conserver.

Discussion et conclusions.

L'ensemble de nos résultats d'analyse montre que des traitements arsenicaux effectués correctement et poursuivis jusqu'à 15 jours de la récolte, laissent sur les pommes et les poires, au moment où on les cueille, des dépôts d'arsenic de l'ordre de 1 mg. par kilogramme en moyenne. Ces résultats ont été obtenus avec des fruits non lavés. Ils confirment bien, dans l'ensemble, ceux qui ont été publiés en 1938 (voir la note de la page 146). Cependant, dans un petit nombre de cas, les fruits portent des dépôts toxiques plus abondants, allant jusqu'à 4 mg. environ d'As par kilogramme. Trois ou quatre lots, qui atteignent 10 mg. d'arsenic, ne correspondent pas à la pratique courante de l'arboriculture, mais à des expériences culturales. Leur existence montre cependant qu'avec la législation actuelle, il est possible de trouver exceptionnellement sur le marché des fruits couverts de dépôts toxiques assez inquiétants.

Un point qui ne résulte pas nettement du présent travail, mais qui est maintenant bien établi, c'est que la règlementation imposant une période de deux mois sans traitement arsenical avant la récolte est beaucoup moins favorable à la protection des

poires qu'à celle des pommes. Pour ces dernières, la récolte ne commence guère que fin septembre, date à laquelle les deux tiers des poires sont déjà cueillis. Sur les variétés de poires hâtives, les traitements arsenicaux les plus utiles sont interdits par la loi.

Cependant, on peut se demander dans quelle mesure l'emploi des arsenicaux est indispensable dans la lutte contre le Carpocapse. Il n'est pas douteux qu'en l'état actuel des recherches, les pulvérisations à base d'arséniate de plomb constituent toujours le mode de traitement normal contre cet insecte. Il en sera encore de même pendant plusieurs années. Depuis 15 ans, les Services d'entomologie des États-Unis ont consacré des efforts persévérants à la recherche des produits de remplacement par l'arséniate de plomb. Les résultats ont été maigres. Les autres arséniates sont moins favorables, et les substances organiques, qui donneront certainement un jour la solution du problème, n'ont pas encore apporté de résultats en rapport avec l'effort fourni. Plus de 1000 composés ont été essayés aux États-Unis entre 1930 et 1940. Les seules formules relativement satisfaisantes sont : la nicotine stabilisée, la phénothiazine, la xanthone. Visiblement, ce ne sont pas ces produits qui détrôneront l'arséniate de plomb.

Les deux nouveaux insecticides organiques, l'H. C. H. et le D. D. T., qui ont fait faire depuis trois ans des progrès sensationnels à la lutte contre les insectes, n'ont pas, jusqu'à présent, donné de résultats brillants contre le Carpocapse. Il est possible qu'après mise au point, ils apportent une solution au problème. Ce sera une solution onéreuse, et l'arséniate de plomb pourra se défendre encore longtemps dans les grands vergers de pommiers et de poiriers.

Dans ces conditions, il est, en somme, rassurant de constater que les traitements les plus tardifs qu'on puisse pratiquer donnent des dépôts toxiques à peu près conformes en moyenne aux tolérances les plus strictes de la législation américaine. Les chiffres maxima eux-mêmes ne dépassent pas exagérément les limites plus larges qui sont actuellement admises.

Est-il possible d'envisager une nouvelle modification de notre réglementation, afin de la mieux adapter aux nécessités de la lutte contre le Carpocapse des pommes et des poires? Il ne paraît pas nécessaire de remanier profondément les textes actuels. La solution pourrait être recherchée dans une plus grande liberté des traitements, compensée par un contrôle chimique des fruits mis en vente et par la diffusion d'instructions précises aux arboriculteurs.

Les mesures suivantes pourraient être envisagées :

1. *Pulvérisations arsenicales prolongées jusqu'à un mois de la récolte.* Cette mesure satisferait entièrement les producteurs de pommes et améliorerait considérablement la situation en ce qui concerne les poires. Un traitement arsenical, employant de bons produits, peut protéger les fruits pendant près d'un mois. Au besoin, un dernier traitement, à base organique, achèverait de protéger la récolte sans entraîner de frais excessifs.

2. *Contrôle chimique des fruits mis en vente.* Ce contrôle pourrait être effectué chez les marchands de fruits par les agents du Service de la protection des végétaux ou du Service de la répression des fraudes. Notons ici qu'il n'entraînerait pas un nombre d'analyses excessif, s'il était pratiqué avec discernement. Lorsque des pommes et des poires portent des résidus toxiques correspondant à plus de 1 mg. d'arsenic par kilogramme, ces dépôts apparaissent nettement à un examen rapide : il serait inutile d'analyser les fruits exempts de taches de produits.

Un tel contrôle serait d'ailleurs utile, même avec la réglementation actuelle. Nous avons

constaté la possibilité de dépôts toxiques très élevés (plus de 10 mg. d'As par kilogramme) sur des poires traitées 3 mois avant la récolte.

Le contrôle chimique devrait porter, non seulement sur l'arsenic mais aussi sur le plomb. Nous disposerons de techniques de dosage qui permettent d'effectuer ces analyses sans difficultés particulières.

3. *Instruction aux arboriculteurs.* Ce point est peut-être le plus important du programme que nous proposons. Imposer des règles et prévoir des sanctions est sans doute nécessaire; il paraît encore plus utile d'instruire les arboriculteurs qui, dans leur immense majorité, cherchent à travailler sérieusement, ne demandant qu'à protéger leur récolte sans empoisonner leurs concitoyens.

Ces instructions émaneraient naturellement des Stations d'avertissements agricoles. Celles-ci accompagneraient leurs avis de données plus précises sur les bouillies à employer, suivant un programme d'ensemble valable pour toute la France. Les arboriculteurs comprendraient sans peine que les premiers traitements contre le Carpocapse peuvent comporter des doses plus élevées d'arséniate, avec adjonction de produits adhésifs, tandis que les traitements tardifs utiliseraient des bouillies sans adhésifs et d'une teneur en arsenic strictement limitée.

Nous pensons que, dans beaucoup de cas, des pulvérisations intelligemment conduites protégeraient les récoltes sans que le contrôle chimique ait à intervenir. Lorsque, par suite de circonstances exceptionnelles, des applications trop massives d'arsenic et de plomb seraient nécessaires, l'emploi des techniques de lavage des fruits ramènerait les dépôts toxiques à des chiffres acceptables.

Il n'y a pas à prévoir une généralisation de ces lavages. Ils sont pratiqués sur une grande échelle aux États-Unis, mais la protection contre le Carpocapse pose là-bas, en général, un problème beaucoup plus ardu que chez nous. Dans les grands centres de production de la pomme, les traitements arsenicaux doivent se poursuivre sans interruption, de la floraison jusqu'à la récolte et les étés sont souvent très secs. En France, au contraire, les fruits peuvent être souvent sauvés sans formation de résidus toxiques exagérés : c'est du moins ce qui résulte de notre étude.

Résumé.

1. Des analyses portant sur 140 lots de pommes et de poires prélevés au moment de la récolte dans des vergers soumis à des pulvérisations arsenicales tardives ont montré que les dépôts d'arsenic sur les fruits récoltés dépassent peu, en moyenne, 1 mg. par kilogramme, même lorsque les pulvérisations sont poursuivies jusqu'à une quinzaine de jours de la cueillette. L'addition d'huile aux bouillies arsenicales augmente considérablement les résidus toxiques.

2. Les variétés commerciales de pommes sont récoltées pendant une courte période, vers le début d'octobre. La cueillette des poires, au contraire, se prolonge de la fin de juillet au début d'octobre.

Il en résulte que l'interdiction actuelle d'employer les arsenicaux sur les pommiers et poiriers pendant les deux mois qui précèdent la récolte gêne beaucoup plus les producteurs de poires que les producteurs de pommes.

3. Une étude de la législation américaine, qui paraît donner entière satisfaction aux États-Unis, montre qu'elle repose essentiellement sur le contrôle chimique des fruits mis en vente.

4. Une réforme de la législation française pourrait être orientée dans les directions suivantes :

a. Plus grande liberté laissée aux pulvérisations arsenicales, qui seraient autorisées jusqu'à un mois de la récolte;

b. Contrôle des résidus toxiques (arsenic et plomb) sur les fruits mis en vente;

c. Diffusion aux arboriculteurs d'instructions aussi précises que possible leur permettant de pratiquer des traitements arsenicaux efficaces, sans risquer de récolter des fruits trop chargés de dépôts toxiques.

DOCUMENTATION.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE.

MOORE (W. C.). — **Maladies des plantes. Rapport sur les maladies cryptogamiques, bactériennes et autres, des plantes cultivées, en Angleterre et au Pays de Galles pour les années 1933-1942.** (Diseases of crop plants. Report on Funguns, Bacterial and other diseases of crops in England and Wales for the years 1933-1942.) *Ministry of Agric. and Fisheries*, Bull. 126, 100 p., London, 1945.

Ce rapport, concernant les maladies des plantes en Angleterre et au Pays de Galles, pour la période 1933-1942, fait suite à celui publié en 1934 dans le Bulletin n° 79, pour les cinq années de 1928 à 1932. Il a été établi à la suite des observations faites par les Pathologistes et les Mycologues dans les différentes provinces.

Les caractéristiques des conditions climatologiques pour chacune de ces années, sont d'abord indiquées, puis il est fait état des maladies observées sur les Céréales, la Pomme de terre, les plantes à racines fourragères, les graminées et légumineuses des prairies, les plants potagères, les arbres fruitiers, le Houblon, les champignons de couche et le Lin.

Pour chaque hôte, les maladies sont classées suivant l'agent causal : Champignons, Bactéries, Virus et non-parasitaires.

Pour les maladies principales, des détails sont donnés sur leur époque d'apparition, leur gravité, leur distribution régionale et les saisons où elles prédominent.

Les articles publiés dans les Iles Britanniques depuis 1932 sont en outre cités.

Ce Bulletin pourra être consulté avec profit par tous ceux qui s'intéressent aux maladies des plantes.

H. D.

OGILVIE (L.). — **Les maladies des plantes potagères.** (Diseases of vegetables.) *Ministry of Agric. and Fisheries*, Bull. 123, 74 p., 20 fig., London, 1944.

Ce bulletin est une édition considérablement révisée et complétée du Bulletin 68, *Vegetable Disease: a Brief Summary*, publié en 1935.

La première partie concerne l'étude des maladies parasitaires causées par des cryptogames, des bactéries ou des virus et des maladies non parasitaires dues à des accidents physiologiques, pour chaque plante potagère considérée. Des indications sont données sur les moyens de combattre ces maladies.

La deuxième partie est consacrée à l'étude générale des méthodes de lutte : désinfection du sol, désinfection des semences, fongicides cupriques, fongicides à base de soufre, pulvérisations et poudrages, etc.

Ce Bulletin est destiné aux producteurs pour leur permettre de reconnaître les prin-

cipales maladies de leurs cultures et leur indiquer les moyens à mettre en œuvre pour les combattre.

H. D.

MARCHAL (Em.). — **Observations et recherches effectuées à la Station de Phytopathologie de l'État pendant l'année 1940.** *Bull. Inst. agron. et St. Rech.* de Gembloux X, n° 1-4, 10 p., 1941.

Des observations phytopathologiques ont été faites sur les Rouilles du Blé (*Puccinia triticina*, *Puccinia glumarum*, *Pussinia graminis*), le Charbon nu du Blé (*Ustilago nuda tritici*), les maladies de l'Orge causées par *Puccinia simplex*, *Puccinia graminis*, *Ustilago nuda*, *U. hordei* et *Helminthosporium gramineum*, le Mildiou et les maladies de dégénérescence de la Pomme de terre, la Verticilliose du Lin, la Moisissure grise de la Salade, la maladie sclérotique du Poireau, le Mildiou de la Tomate, la Septoriose de l'Azalée, la Fusariose du Dahlia, les Tavelures du Pommier et du Poirier, le Plomb (*Stereum purpureum*) et un dépérissement du Prunier provoqué par *Polyporus sulphureus*.

Les recherches de mycologie (VANDERWALLE) ont notamment porté sur les affections charbonneuses des Céréales, sur le Chancre du Frêne et la Verticilliose du Cognassier.

MANIL a poursuivi ses travaux relatifs à l'application des méthodes microbiologiques permettant d'apprécier la teneur du sol en éléments fertilisants. Il a d'autre part étudié le rouissage du Lin. Par l'emploi de cultures bactériennes pures (*B. felsineus*) la rapidité et la régularité du rouissage ont été augmentées.

L'article se termine par une liste des publications phytopathologiques du personnel de la Station.

H. D.

VANDERWALLE (R.). — **Note au sujet de quelques affections nouvellement constatées en Belgique.** *Parasitica* I, n° 1, p. 7-10, 1945.

Au cours de l'année 1943, la flore parasitaire de Belgique s'est enrichie de quelques nouveautés. Des rameaux de *Thuya plicata* ont été atteints d'une affection maculicole causée par un champignon *Keithia Thujina* DURAND.

Sur des rameaux de *Pseudotsuga Douglasi* on a mis en évidence la présence des fructifications développées du *Rhabdocline pseudotsugae* SYD. Sur Pin Laricio portant des lésions chancreuses, on a trouvé des apothécies d'*Atropellis pinicola* ZELLER et GODDING (*Crumenula pinicola*).

Des écorces de Pin Laricio de Corse dépérissant, portaient des apothécies de *Dasyscypha calyciformis*.

Au mois de juin, des féveroles ont été atteintes d'une affection maculicole causée par *Stagonosporopsis hortensis* (SACC. et MALBR.) PETR.

Sur des échantillons d'avoine on a décélé la présence de *Leptosphaeria avenaria*.

Enfin au cours de la conservation, des pommes et des poires tavelées ont subi les attaques secondaires de *Trichothecium roseum* LINK. Cette forme d'altération dans son association avec la Tavelure, n'avait pas encore été décrite de façon épidémique en Belgique.

H. D.

ROLAND (G.). — **Étude faite sur une trachéomycose du Chêne occasionnée par un Diplodia.** *Parasitica* I, n° 1, p. 11-34, 2 pl., 8 fig., 1945.

Une affection présentant un caractère grave, désignée à l'origine sous la dénomination de « Dépérissement du Chêne », fut observée en 1941. Un champignon du genre *Diplodia* fut isolé des rameaux malades. Divers essais d'inoculations ont montré que ce champignon pouvait agir en parasite sur des rameaux de *Quercus sessiliflora*, *Quercus borealis*, *Castanea vulgaris* et *Fagus sylvatica*.

Après avoir étudié les caractères morphologiques et culturaux du parasite, les conditions de formation des organes de fructification et la germination des conidies, l'auteur propose de rattacher ce *Diplodia* à l'espèce *quercina* WEST.

La maladie est vraisemblablement présente dans toute la Haute Belgique et dans le Sud de la Moyenne Belgique. Son intensité, différente suivant les régions, est liée au facteur prédisposition du sujet.

Les mesures à employer pour éviter son extension dans un peuplement sont purement culturales.

H. D.

YERSIN (H.), CHOMETTE (A.), BAUMANN (G.) et LHOSTE (J.). — **L'hexachlorobenzène, produit organique de synthèse utilisé dans la lutte contre la carie du blé.** *C. R. Acad. Agr.*, 31, p. 24-27, 1945.

Les propriétés fongicides de l'hexachlorobenzène C^6Cl^6 ont été signalées à l'étranger il y a plusieurs années. Elles viennent d'être confirmées en France, dans le cas de la carie du blé. Les poudres à 25 p. 100 de matière active, employées à la dose de 200 g. par quintal, donnent des blés pratiquement exempts de carie : taux de carie de 0 à 0,4 p. 100, l'essai étant effectué suivant la méthode d'Arnaud et Gaudineau, avec des semences contaminées au maximum. Le trempage dans un liquide à 0,2 p. 100 de matière active réduit la carie à zéro.

C^6Cl^6 est un corps blanc, presque inodore, insoluble dans l'eau, se sublimant facilement ; son point de fusion est de 226-227°. On l'obtient par chloration directe du benzène, en présence de certains catalyseurs.

M. RAU.

HOPPE (P. E.). — **Étude comparative de poudres organomercuriques et organiques pour le traitement du maïs de semence.** (Comparaison of certain mercury and non-metallic dusts for corn seed treatment.) *Phytopathology*, 33, p. 602-606, 1943.

Dans des essais de plein champ contre une maladie des jeunes maïs, due à *Diplodia zeae*, deux poudres organomercuriques, à base de phosphate de mercure-éthyle et de cynamide phénylmercurique, se sont montrées supérieures aux produits à base de tétrachloroparabenzoquinone et de bisulfure de tétraméthylthiurame.

M. RAU.

MAC NEW (G. L.). — **Efficacité comparée des fongicides organiques et minéraux pour la désinfection des semences.** (Relative effectiveness of organic and inorganic fungicides as seed protectants.) *Phytopathology*, 33, p. 9, 1943.

Parmi les substances organiques susceptibles de remplacer les fongicides cupriques et organomercuriques, trois composés donnent des résultats encourageants. Ce sont la tétrachloroparabenzoquinone, le diméthyldithiocarbamate ferrique et le bisulfure de tétraméthylthiurame. Ce sont les seuls produits applicables sur le Haricot *Phaseolus lunatus*, contre la fonte des semis due à *Pythium ultimum*. Ils sont supérieurs aux sels métalliques pour traiter les pois de semence.

M. RAU.

WAIN (R. L.) et WILKINSON (E. H.). — **Nouveau produit cuprique pour la protection des graines.** (A new copper seed protectant.) *Gardn. Chron.*, 113, n° 2925, p. 27, 1943 ; in : *Rev. Appl. Mycol.*, 22, p. 191, 1943.

Le sébaçate de cuivre, contenant 24 p. 100 de Cu, a été essayé pour la première fois contre la fonte des semis chez le pois ; il s'est montré supérieur à l'oxyde cuivreux, à quantité égale de cuivre dépensé. Les efficacités restent équivalentes, si on emploie les

mêmes quantités de produits, bien que l'oxyde cuivreux contienne 89 p. 100 de Cu. Le sébaçate utilisé présentait une adhésivité moindre que la spécialité à base d'oxyde cuivreux. Les 2 produits ont manifesté une action phytocide équivalente et faible.

M. Rau.

Lehman (S. G.). — **Action gazeuse de certains produits fongicides destinés au poudrage des grains de coton.** (Vapor action of certain fungicidal materials prepared for dusting cotton seed.) *Phytopathology*, 33, 431, 448, 1943.

Des expériences précises montrent que le phosphate et l'iodure de mercure-éthyle agissent par voie gazeuse sur les semences de coton traitées contre *Glomerella gossypii* et contre *Fusarium moniliforme*. C'est pour cette raison que le phosphate de mercure-éthyle peut s'employer à dose très faible : 25 à 50 gr. de produit commercial par quintal de grain. Les vapeurs des deux composés se condensent sur les graines de coton et sur les spores ; elles sont efficaces aux températures comprises entre 5 et 38°.

Le chlorure de mercure-éthanol n'a qu'une faible action gazeuse à la température ordinaire. Le borate de mercure-éthyle agit comme le phosphate.

D'autres essais ont montré que les vapeurs d'hydroxymercure-chlorophénol, de créosote, de benzol, d'éther de pétrole, de paradichloro-benzène et d'acide picrique n'ont aucun effet sur les conidies de *Glomerella grossypii*. Par contre, les composés suivants exercent une action gazeuse : acétylène-urée, alcoylmercurique, urée phénolmercurique, chloropicrine, éther éthylique.

M. Rau.

Gilmore (L. E.) et Robinson (C. H.). — **Études sur le traitement des pommes de terre de semence : essai et mise au point des solutions de sublimé : I. Méthode de contrôle des solutions, au laboratoire. II. Méthode de contrôle en plein champ.** (Studies in seed potato treatments. Testing and adjusting corrosive sublimate solution. I. Laboratory control method. II. Field control method.) *Sc. Agric.*, 23, p. 676-681 et 682-687, 1943 ; in : *Rev. Appl. Mycol.*, 22, p. 448, 1943.

Les solutions de sublimé (chlorure mercurique $HgCl^2$) sont utilisées pour le traitement des pommes de terre de semence contre le Rhizoctone noir (*Rhizoctonia solani*), la galle commune (*Actinomyces*) et la jambe noire (*Erwina phytophthora*). Ces solutions doivent contenir 0,1 à 0,5 p. 100 de $HgCl^2$ et, comme elles se détitrent au cours des traitements, il faut pouvoir contrôler leur concentration. Une méthode chimique est indiquée, utilisant comme réactifs l'iodure de potassium, le sulfate de cuivre et l'empois d'amidon.

Cette méthode a ensuite été mise à la portée des cultivateurs, à qui des instructions sont données pour la préparation des solutions mercuriques, leur conservation dans de bonnes conditions et leurs réajustements après usage. Le traitement mercurique des pommes de terre doit être précédé d'un lavage de 6 h. dans l'eau.

M. Rau.

Large (E. C.). — **Lutte contre le mildiou de la pomme de terre *(Phytophthora infestans)* par pulvérisation de suspensions de cuivre métal.** (Control of potato blight [*Ph. infestans*] by spraying with suspensions of metallic copper.) *Nature*, 151, n° 3820, p. 80-81, 1945 ; in : *Rev. Appl. Mycol.*, 22, p. 173, 1943.

Le mildiou de la pomme de terre a été traité à l'oxyde cuivreux et au moyen d'une suspension de cuivre réduit par l'hydrogène. Une bouillie contenant par hl. 250 g. de cuivre métallique, en présence de bentonite et de sulfate d'alumine, s'est montrée un peu inférieure à la bouillie bordelaise. Le pouvoir fongicide du cuivre appliqué à l'état de métal est ainsi prouvé.

M. Rau.

GALLAY (R.), STAEHELIN (M.) et G. TRIVELLI. — **La lutte contre le mildiou de la vigne. Les divers types de bouillies cupriques.** *Rev. Rom. d'Agr., Vit. et Arbor.*, n° 11, 3 pages, 1945.

Des essais de laboratoire récents ont montré que la bouillie bordelaise est supérieure, par plusieurs de ses caractères physiques, aux oxychlorures de cuivre et aux oxydes cuivreux; ces caractères sont notamment: l'état colloïdal, la rétention initiale, la ténacité.

Des expériences ont été effectuées depuis 1942 à l'établissement fédéral d'essais viticoles et arboricoles de Lausanne, pour comparer un oxyde cuivreux commercial suisse à 50 p. 100 de cuivre avec la bouillie bordelaise. La faible densité des attaques du mildiou de la vigne n'a permis de tirer aucune conclusion en 1942 et 43. En 1944, les conditions des essais ont été plus favorables. L'oxyde cuivreux, à 200 g. de Cu par hl., a paru égal en efficacité à la bouillie bordelaise à 1 p. 100 (250 g. de Cu par hl.). Des essais en présence d'un mildiou intense sont nécessaires pour régler cette question. En attendant, il n'est pas prouvé que le cuivre est plus actif sous forme d'oxyde cuivreux que sous forme de sulfate.

M. RAU.

STELLWAAG (F.). — **État actuel et crise de la lutte antiparasitaire en viticulture.** (Stand und Krisis der Schädlingsbekämpfung im Weinbau.) *Zeits. Pfl. Krankh.*, 53, p. 113-124, 1943.

En 1932, la lutte contre le Mildiou de la vigne coûtait, dans le Palatinat, de 318 à 500 RM. de main-d'œuvre et de produits par ha. Ces chiffres ont été confirmés par Zillig, en 1941. Les consommations annuelles dans les vignobles d'Allemagne étaient de 1.875 t. pour le soufre, de 20.000 t. pour la chaux viticole.

M. RAU.

CLAYTON (E. E.), SMITH (T. E.), SHAW (K. J.), GAINES (J. G.), GRAHAM (T. W.) et YEAGER (C. C.). — **Essais fongicides contre le Peronospora du tabac.** (Fungicidal tests on blue mold [*Peronospora tabacina*] of tobacco.) *J. Agr. Res.*, 66, p. 261-276, 1943.

Parmi les produits essayés pour combattre cette maladie, figurent de nombreuses huiles (minérales, animales et surtout végétales) qui sont dénuées d'action fongicide. Les mélanges de produits cupriques et d'huile sont parfois actifs; par exemple, l'oxyde cuivrique additionné d'huile de coton. L'oxyde cuivrique seul est totalement inactif. Seuls, quelques émulsifs appartenant au groupe des alcools sulfonés conviennent pour la dispersion des huiles.

Les composés organiques expérimentés sont au nombre de 122. Les plus efficaces sont le salicylate de benzyle additionné d'huile, et le salicylate de bismuth avec ou sans huile. Les essais de laboratoire qui envisagent la germination des spores ne donnent pas des résultats concordants avec ces expériences réalisées en plein champ.

M. RAU.

STODDARD (E. M.) et HEUBERGER (J. M.). — **Méthode simple et rapide pour essayer les fongicides sur pommiers, au verger.** (A simple rapid method of field fungicides on apples.) *Phytopathology*, 33, p. 13, 1943.

Le principe de cette méthode est le suivant : De jeunes pommiers plantés à 3 m. × 3 m. (environ 1.000 arbres à l'ha.) sont inoculés uniformément au moyen de vieilles feuilles infectées par *Venturia inaequalis*. On applique les produits par des pulvérisateurs à main. Il est possible ainsi d'avoir des répétitions plus nombreuses et de faire les observations plus facilement qu'avec de grands arbres.

Il y a corrélation entre l'efficacité sur feuilles et l'efficacité sur fruits. Cependant, l'existence des fruits est nécessaire à la bonne marche des expériences.

M. RAU.

Rayner (M. C.). — **Arbres et Champignons.** (Trees and Toadstools.) Faber and Faber édit., London, 70 p., 18 fig.

Dans cet ouvrage de vulgarisation, l'auteur explique la présence des champignons dans les associations sylvicoles. Il remarque d'abord, que le mot « Toadstool » désignant les champignons sauvages, est pris souvent à tort comme synonyme de « non comestibles » par opposition aux « Mushromms » ou champignons domestiques.

Dans un premier chapitre, il explique le problème de la nutrition des êtres sans chlorophylle, esquisse le cycle de l'azote et montre le rôle des champignons dans l'évolution de la matière azotée du sol.

Dans un second chapitre il fait ressortir que certaines espèces de champignons vivent exclusivement avec des essences forestières déterminées, il cite des cas d'associations végétales et de parasitisme notamment à propos d'*Armillariella mellea*.

Il expose la question des mycorrhizes qu'il développe dans le troisième chapitre et les met en relation avec les faits signalés au début du deuxième chapitre.

Dans un quatrième chapitre il étudie les problèmes que posent les associations végétales. Le cas des lichens lui semble assez facile à élucider mais il n'en est pas de même d'associations entre plantes non vertes, il émet l'hypothèse que dans ces cas, les échanges nutritifs cèdent la place aux échanges hormonaux. Il montre ensuite que les cas de symbiose peuvent être envisagés comme des cas de maladie atténuée.

L'ouvrage résumant de nombreuses connaissances scientifiques modernes a le grand mérite d'expliquer au grand public, les problèmes de la physiologie végétale dans une langue accessible à tous.

J. G.

Labat (Ch.) et Miege (E.). — **Où en est la question du court-noué ?** *Revue de Viticulture*, Vol. 92, n° 3, p. 67-69, 1946.

Les auteurs estiment que le court-noué est rare en Algérie. Selon eux la métropole aurait intérêt à se fournir en pieds mères d'Algérie.

Ils critiquent les théories de Branas quant à l'origine du court-noué. Des observations montreraient d'après eux qu'il n'y a pas corrélation entre le développement du Phylloxéra et celui du court-noué.

Ils proposent enfin une explication du court-noué. Selon eux la culture continue de la Vigne sur le même sol serait à l'origine de la dégénérescence de cette dernière. Il s'agirait d'une intoxication. « Tout porte à croire que la vie végétale, comme la vie animale, laisse des déchets qui sont toxiques au maximum pour l'espèce qui les a produits ». Selon eux ces toxines seraient transmissibles par le bouturage « qui n'est pas, à proprement parler une reproduction mais la continuation de la plante sur laquelle on a prélevé la bouture ».

A ce point de vue on peut objecter aux auteurs que cette transmission par bouture exigerait que la toxine se multipliât dans les tissus au cours de la croissance de la bouture sans quoi il y aurait un appauvrissement rapide en toxine qui ne permettrait pas à la maladie de s'extérioriser. Si cette toxine se multiplie, elle répond au concept actuel des virus et nous sommes ramenés à la théorie de Branas avec ceci de plus que nous admettons l'origine endogène du virus, ce qui n'est d'ailleurs pas indéfendable étant donné notre ignorance actuelle.

Quoiqu'il en soit cet article a l'intérêt de mettre en évidence la complexité du problème du court-noué.

P. L.

Van Vloten (H.). — **Un enrichissement de la flore mycologique est-il possible (en relation avec la Rouille du Peuplier) ?** [Is verrijking van de Mycoflora mogelijk ? (naar aanleiding van de populierenroest).] *Tijds over Plantenziekten*, 50 c., p. 49-62, Jrg. 1944.

L'enrichissement de la flore mycologique peut se faire par l'introduction de champi-

gnons en provenance de l'étranger. Dans le cas des rouilles du Peuplier l'introduction de Melampsora d'Amérique du Nord serait particulièrement à craindre.

Les expériences relatives à la sensibilité des Peupliers à l'infection par certaines espèces de *Melampsora* effectuées au laboratoire de Wageningen ont montré l'apparition en 1941 de plusieurs races et d'une variété de *M. Laricipopulina* Klebahn. L'apparition de ces races est attribuée à la plantation de Mélèzes entre les Peupliers dans les parcelles d'expérience. La formation de ces races serait apparue grâce à des hybridations sur ces Mélèzes. C'est en effet sur cette essence qu'apparaissent les stades O et I.

Des complications inattendues dans la recherche de variétés résistantes ont été rencontrées du fait de l'apparition de races auparavant inconnues de *Phytophthora infestans* et de *Synchytrium endobioticum* (Galle verruqueuse de la Pomme de terre). Ici il est impossible de dire s'il s'agit vraiment de races nouvelles ou de races qui existaient auparavant dans une proportion si faible qu'elles étaient passées inaperçues.

Dans le cas des Rouilles du Peuplier on se trouve donc en présence d'une double possibilité d'enrichissement de la flore mycologique — d'une part par des apports en provenance de l'étranger et d'autre part par des hybridations. — Ceci rend beaucoup moins absolue l'obtention de variétés résistantes. Cette crainte n'est pas vaine. En effet une des nouvelles races observées a attaqué le *Populus candicans* avec une grande violence.

P. L.

Keyworth (W. G.). — **Le flétrissement verticillien et les maladies à virus du Houblon.** (Verticillium wilt and virus diseases of the Hop.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 29, n° 3, p. 323, 1942.

La première maladie est disséminée par les cultivateurs qui transportent des débris de plantes infectées. Des expériences sont en cours sur les moyens de lutte.

La maladie de la « tête d'ortie » (Nettle head) a longtemps été attribuée à l'*Heterodera Schachtii*. Des expériences effectuées en 1940-1941 ont montré qu'elle est transmissible par le jus et donc probablement due à un virus. Les symptômes sont marqués aux températures élevées. Ils disparaissent en serre chaude. Des expériences de greffage ont montré que les symptômes n'apparaissent que longtemps après l'infection (jusqu'à 12 mois) ce qui rend difficile l'épuration sanitaire. Des études plus poussées sont en cours.

La mosaïque est pratiquement confinée sur les variétés Golding. Elle est due à un virus. La maladie est très sérieuse dans certaines régions (Worcestershire).

Certaines variétés sont porteuses saines.

P. L.

Smith (K. M.). — **Les maladies à virus des plantes de grande culture et des jardins.** (Virus diseases of farm and Garden Crops.) Littlebury & Co Worcester.

C'est là un ouvrage d'initiation très simple, très clair, facile à lire. Les deux premiers chapitres, sont consacrés à un exposé général des techniques d'étude des maladies à virus : tranmision expérimentale, diagnose, élevage des insectes vecteurs, caractères des principales espèces, principaux virus transmis par celles-ci.

Les chapitres suivants sont consacrés à l'étude des maladie à virus de diverses plantes : Pommes de terre, plantes racines (Navets, Betterave), Pois, Haricot, Trèfle, Chou, Carotte, Céleri, Chicorée, Concombre, Laitue, Épinard, Tomate, Groseillier, Fraisier, Houblon, plantes ornementales.

D'excellentes photographies illustrent fort heureusement l'ouvrage. Des dessins au trait donnent les caractères des insectes vecteurs.

P. L.

Beaumont (A.) et Staniland (L. N.). — **Sur le mode d'expansion du crinkle chez le Fraisier « Royal Sovereign » dans le Sud de l'Angleterre.** (On the spread of

crinkle in Royal Sovereign Strawberries in South-west England.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 32, n° 2, p. 123-127, 1945.

Les observations réalisées par les auteurs dans le Sud du Devon, indiquent que l'extériorisation maximum des symptômes du crinkle apparaît en juin et juillet.

La transmission paraît se faire en été par les pucerons aptères qui passent d'une plante à l'autre.

P. L.

Caldwell (J.) et Prentice (I. W.). — **Une Mosaïque des choux « Broccoli ».** (A mosaïc disease of Broccoli.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 29, n° 4, p. 366-373, 1942.

Cette maladie sévit dans le Sud-Ouest de l'Angleterre. Elle débute par un « vein clearing » suivi d'un « vein banding » et de taches nécrotiques. Sur d'autres variétés de Choux les symptômes se sont avérés moins graves (« vein clearing » suivi d'un léger « vein banding » ou d'un masquage complet des symptômes). Le vecteur est le puceron *Brevicoryne brassicae.* Le virus est transmissible par le jus avec carborundum. On peut le conserver *in vitro* 7 jours à 22°. Il est inactivé à 80° en 10 minutes ou par dilution au 1/2.000. Par toutes ses propriétés il paraît identique au *Cauliflower mosaïc virus* de Thompkins. Il semble que ce soit le premier virus d'une Crucifère qui ait été décrit en détail en Angleterre.

P. L.

Caldwell (J.) et Prentice. — **Recherches sur la maladie du « stripe » du Narcisse.** (An investigation into the « stripe » disease of Narcissus. II - Experiments on the virus agent and its spread.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 30, n° 1, p. 27-32, 1943.

La maladie n'est pas transmissible par la graine. Elle est transmissible par la greffe ou par le jus, si l'on utilise un abrasif tel que la poudre de carborundum. L'identification de l'insecte vecteur n'a pas été réalisée. La lutte par épuration sanitaire est recommandée.

P. L.

Caldwell (J.). — **La production de Pommes de terre indemnes de virus dans le Sud-Ouest de l'Angleterre.** (The production of virus-free potatoes in the south-west of England.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 29, n° 3, p. 265-267, 1942.

De grandes quantités de Pommes de terre de semence peuvent être produites dans de nombreuses régions du Sud-Ouest de l'Angleterre.

P. L.

Cockerham (G.). — **Certains aspects génétiques de la résistance aux virus de la Pomme de terre.** (Some genetical aspects of resistance to potato viruses.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 32, n° 3, p. 280-281, 1945.

L'hypersensibilité vis-à-vis de nombreuses lignées de virus X est due à un gène dominant Nx. Ce gène est inefficace contre des souches aberrantes du même virus. Un gène dominant spécial Nb gouverne la résistance à la souche Xb.

Le gène Na déterminant l'hypersensibilité au virus A est étroitement lié au gène Nx sur six variétés étudiées. Dans la variété Southesk les deux gènes sont indépendants.

L'hypersensibilité au virus C, qui est une souche du virus Y, est déterminée par le gène Nc. Les variétés porteuses de ce gène manifestent de fortes nécroses aux premiers stades de l'infection par les virus C et Y, mais tandis que le virus C détermine la mort de la plante, le virus Y n'a pas une action aussi radicale et, au bout de quelque temps la plante résiste à la maladie et ne réagit plus que par une mosaïque.

Aucune variété de Pomme de terre n'est hypersensible au virus Y, mais 5 clones de trois espèces sauvages s'y sont montrées hypersensibles dans des essais de laboratoire. Ce cas n'a pas encore été étudié en détail et ne peut être interprété pour le moment.

Les quatre gènes Nx, N6, Na et Nc ont pu être réunis dans des variétés acceptables au point de vue commercial.

On peut craindre d'après l'auteur que les variétés hypersensibles n'exercent une action sélective en faveur de souches aberrantes vis-à-vis desquelles elles ne présenteraient plus le caractère de « field immunity ». De tels souches aberrantes ont déjà été trouvées dans des variétés « field immune », mais de façon exceptionnelle. On ne connaît pas de cas, pour le moment, où elles se soient disséminées sur une grande échelle, même chez des variétés cultivées depuis quarante ans.

Un haut degré de résistance à l'enroulement a été trouvé chez trois variétés de Pommes de terre, dont deux connues pour avoir des formes sauvages dans leur descendance. La résistance paraît héréditaire et sous le contrôle de gènes. De nombreux facteurs paraissent entrer en jeu et il semble que, s'ils ne font que retarder l'infection lorsqu'ils sont dispersés, ils l'empêchent totalement lorsqu'ils sont suffisamment agrégés.

P. L.

WALLACE (J. M.) et LESLEY (J. W.). — **Guérison du curlytop chez la Tomate, en relation avec les souches du virus.** (Recovery from curlytop in the Tomato in relation to strain of the virus.) *Phytopatho.*, XXXIV, I, p. 116-123, 1944.

En 1941 cinq et en 1942 six souches virulentes du virus du curlytop de la Betterave à sucre furent inoculées à des Tomates Guasave A. Avec certaines souches les auteurs ont observé qu'une certaine proportion des plantes manifestaient des signes de guérison au bout d'un certain temps. Le pourcentage de guérison dépend de la souche utilisée. Ce pourcentage peut être très élevé, 80 %, 100 %.

P. L.

WALLACE (J. M.). — **Immunité acquise contre le curly-top chez le Tabac et la Tomate.** (Acquired immunity from curly-top in Tobacco and Tomato.) *J. agr. Res.*, 69, p. 187-214, 1 pl. couleurs, 8 fig., 1944.

Les expériences décrites ici précèdent celles qui ont été publiées en 1914 dans *Phytopathology* (XXXIV, p. 116-123). De 1939 à 1941 une plante sur 800 Tomates de variétés commerciales a été guérie d'une inoculation artificielle avec le virus du curly-top de la Betterave à sucre, ce qui indique que la Tomate ne peut pas atteindre aisément l'immunité active. Par contre, lorsqu'on greffait des Tomates sur des Tabacs de Turquie chez lesquels la guérison ou la réaction qui y conduit s'était produite, elles acquéraient une immunité semblable au type passif observé chez les Tabacs guéris. L'immunité ainsi acquise est spécifique, solide contre certaines souches, fragile contre d'autres. Les symptômes légers des plantes immunisées ne sont pas dus à l'infection préalable par une souche peu virulente. Le degré de protection varie avec la souche de virus utilisée pour l'immunisation de la plante et la réinoculation. Il ne s'agirait donc pas d'une prémunition mais de quelque chose de comparable à ce qu'on observe chez les animaux.

P. L.

BAWDEN (F. C.) et KASSANIS (B.). — **Suppression d'un virus des plantes par un autre.** (The suppression of one plant virus by another.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 32, n° 1, p. 52-57, févr. 1945.

On connaissait jusqu'à présent deux types d'interaction de deux virus dans une même plante : la maladie complexe, à symptômes aggravés produite par l'action simultanée de deux virus différents et l'action protectrice conférée par une race peu virulente

d'un virus vis-à-vis de l'infection par une race plus virulente du même virus. Les auteurs ont observé en outre qu'il peut y avoir concurrence entre des virus sans relations sérologiques, la présence d'un de ces virus dans la plante empêchant le développement d'un ou plusieurs autres. Ou même un virus inoculé sur une plante déjà infectée par un autre virus, supplantant celui-ci.

Le virus « etch » grave du Tabac supplante le virus Y de la Pomme de terre et le virus 3 de l'Hyocyame quand on l'inocule au Tabac, mais non le virus I du Concombre. Tous ces virus ont des propriétés assez voisines mais ne donnent pas de réactions sérologiques croisées. Il est vrai que Chester a prétendu obtenir des réactions croisées entre le virus Y de la Pomme de terre et le virus I du Concombre, mais les auteurs n'ont pu le confirmer et ont de plus observé qu'il n'y avait pas de prémunition croisée entre ces deux virus.

Le phénomène paraît différent de la protection réciproque malgré les relations de ces virus. En effet le virus I du Concombre est aussi voisin, par ses propriétés, du virus etch grave que les autres et n'est pas supplanté par lui. D'autre part, une souche peu virulente du virus etch, protégeant le Tabac contre la souche grave, ne peut pas protéger la plante d'une façon complète contre le virus Y et le virus 3 de la Jusquiame. Ceci paraît montrer que l'interaction entre le virus etch grave, le virus Y et le virus 3 de la Jusquiame est d'un autre type que celle qui se produit entre les deux souches du virus etch.

Les auteurs interprètent la protection réciproque de deux souches d'un même virus en admettant une combinaison de ces souches avec certains composants de la cellule, dès l'inoculation. Dès qu'une souche est établie, la combinaison est impossible pour l'autre, qui ne peut pénétrer.

Le cas examiné dans le mémoire résulterait non d'un bloquage de la multiplication dès l'inoculation mais d'un effet ultérieur, une action sur des enzymes nécessaires à la multiplication. La différence quantitative entre l'action des deux souches du virus etch s'explique alors aisément. Les enzymes nécessaires au virus Y et au virus 3 de la Jusquiame ne seraient pas utiles au virus I du Concombre.

La diparition du virus Y dans une plante pas infectée par le virus etch grave paraît superposable à l'inactivation du premier virus par le deuxième observé *in vitro*. Le virus etch n'a pas d'action *in vitro* sur le virus du Concombre. Il convient de remarquer que les virus existant à faible concentration dans les jus, comme le virus Y sont des virus qui s'inactivent vite. Ainsi, la grande différence de concentration en virus dans les jus infectés par le virus de la Mosaïque du Tabac et le virus Y de la Pomme de terre n'indiquerait pas une différence moins active du virus Y mais s'expliquerait par le fait que celui-ci étant inactivé rapidement ne peut s'accumuler. Il est détruit au fur et à mesure qu'il se reforme.

Les auteurs étudient d'une façon incidente la question de la stabilité relative des antisérums de divers virus. Chester (1935) et Mushin (1942) ayant observé que les sérums anti-Y et anti-etch perdaient leur activité beaucoup plus vite que le sérum anti-mosaïque du Tabac, avaient rapproché ce fait de la faible stabilité des deux premiers virus et émis l'opinion que l'anticorps n'était qu'une modification de l'antigène et conservait ainsi son degré de résistance ou de fragilité. Les auteurs combattent cette opinion. Ils ont observé en effet que l'inactivation plus rapide des sérums anti-Y et anti-etch tient seulement à leur pauvreté en anticorps, les jus qui servent à inoculer les lapins par ces virus étant beaucoup plus pauvres en virus que les jus de Tabacs mosaïqués (1.000 fois moins de virus dans le cas du virus Y). Si on inocule les lapins avec des préparations concentrées de virus Y, on obtient un antisérum riche en précipitines et conservant son activité aussi longtemps que le sérum anti-mosaïque du Tabac.

En dehors de leur très grand intérêt théorique, les résultats des auteurs montrent combien les expériences d'inoculations protectrices doivent être interprétées avec prudence. Notons cependant que la prémunition ici n'est pas réciproque. Un virus a la propriété de « manger » l'autre pourrait-on dire. Lorsqu'il est établi dans la plante il l'empêche de pénétrer. Lorsque l'autre l'y précède, il l'évince. Une observation superficielles pourrait cependant conduire à confondre les deux catégories de phénomènes.

P. L.

KLECZKOWSKI (A.) et WATSON (Marion). — **Etudes sérologiques sur la jaunisse de la Betterave.** (Serological studies on Sugar Beet yellows virus.) *Ann. Appl. Biol.*, XXXI, 2, p. 116-120, 1944.

Les auteurs ont obtenu un immunserum en inoculant à des Lapins le jus d'une Betterave atteinte de Jaunisse.

Ils ont pu étudier les conditions de conservation de l'antigène dans le jus. Celui-ci est détruit en 2 ou 3 jours à la température du laboratoire et en 10 minutes à 52°. Il n'est pas altéré par des modifications de pH tant que celui-ci reste compris entre 5 et 9. Dans les feuilles détachées maintenues à la température du laboratoire il reste sans changement pendant au moins 6 jours, mais la faculté du *Myzus persicae* de transmettre le virus à partir de ces feuilles est considérablement diminuée au bout de 4 jours. La congélation du jus clarifié et son dégel au bout de 24 heures ne modifient pas son activité sérologique. La dialyse du jus clarifié dans un sac de cellophane contre l'eau distillée pendant 3 heures à 18° ne paraît pas modifier l'activité sérologique, mais après congélation et dégel, le jus dialysé ne précipite plus avec l'immunserum. L'addition de 1 p. 100 de Cl Na ou 2 p. 100 de saccharose au jus dialysé empêche la destruction de l'antigène.

Une partie du virus est précipitée par addition de 1/4 et la totalité par addition de 1/3 d'une solution saturée de $SO^4(NH^4)^2$. Le précipité redissous dans une quantité d'eau égale au volume initial de jus présente le même titre sérologique que ce dernier. Les précipitations successives n'augmentent pas le degré de pureté.

Par centrifugation à 20.000 t/sec. la moitié du virus sédimente. A une vitesse double, la totalité sédimente. Le précipité obtenu est très comparable à celui que fournit SO4 $(NH^4)^2$. Il se redissout aussi dans une quantité d'eau égale au volume initial du jus et il n'a pas été possible jusqu'à présent de le concentrer.

Une épreuve positive du jus donne la preuve qu'on a affaire à une vraie jaunisse infectieuse. Une épreuve négative ne permet pas de conclusion très sûre.

P. L.

LYLE WYND (F.). — **Respiration de plantes infectées par la Mosaïque.** (Respiration of mosaic infected plants.) *Plant physiol.*, Vol. 18, p. 90-98, 1943.

L'auteur donne d'abord des indications bibliographiques sur cette question. Les résultats obtenus par les auteurs sont parfois contradictoires (travaux de BUNZEL 1913, DUNLAH 1930, LEMMON 1935).

L'auteur observe dans ses expériences que la quantité d'oxygène utilisée par des Tabacs atteints de mosaïque augmente le quatrième jour qui suit l'inoculation d'une feuille de base. Cette période de stimulation de la respiration précède de dix jours l'apparition du virus en quantités assez importantes pour que le jus des feuilles soit infectieux. Ce trouble de métabolisme apparaît simultanément dans toutes les parties de la plante, mais c'est seulement dans les jeunes feuilles que le virus apparaît au début, à l'exception bien entendu de la feuille inoculée. Celle-ci présente un métabolisme très intense dès le début.

Lorsque des concentrations infectieuses de virus apparaissent dans les feuilles supérieures, la proportion d'oxygène utilisée par celle-ci devient inférieure à celle qui est utilisée par les feuilles saines.

Ces résultats cadrent, estime l'auteur, avec l'hypothèse d'après laquelle la mosaïque serait due à un trouble de métabolisme donnant naissance à un produit, le virus, qui par son introduction dans la plante provoquerait la série de réactions anormales qui aboutissent à sa synthèse. Mais s'ils cadrent bien avec cette conception il est bien évident qu'ils ne démontrent cependant pas son exactitude.

En tous cas, si les troubles physiologiques observés étaient des manifestations de l'activité « *per se* » des particules de virus, ils apparaîtraient lorsque celles-ci deviennent abondantes.

P. L.

WOODS (M. W.). — **Action des cyanures sur la synthèse des virus du « ring-spot » et de la mosaïque chez le tabac.** (Effect of cyanide on synthesis of ring-spot and mosaic virus in tobacco.) *Phytopathology*, 33, p. 78-80, 1943.

Les traitements par les cyanures de sodium ou de potassium des feuilles de tabac atteint de maladies à virus entraînent une diminution de la teneur en virus-protéine dans les zônes malades, la suppression des symptômes de maladie, et même l'arrêt de formation du virus. Les concentrations employées sont de $1,5 \times \frac{n}{10.000}$ et $3 \times \frac{n}{10.000}$.

M. RAU.

KALMUS (H.) et KASSANIS (B.). — **L'utilisation d'abrasifs dans la transmission des virus des plantes.** (The use of abrasives in transmission of plant viruses.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 32, n° 3, p. 230-234, 1945.

Les auteurs ont éprouvé l'effet de divers abrasifs sur la transmission de divers virus (Mosaïque du Tabac, Virus X de la Pomme de terre, Nécrose du Tabac). La Celite et le charbon animal se sont montrés aussi actifs que le Carborundum pour augmenter le nombre de lésions. Le Carborundum 400 mailles était le plus efficace. Son effet était équivalent à une concentration 100 fois plus grande du virus. Certaines préparations impures de Carborundum et de Charbon réduisaient l'infectiosité.

Des plantes non blessées ne sont pas infectées lorsqu'on les pulvérise avec des solutions de virus. Des feuilles frictionnées auparavant sans abrasif ne développent qu'un petit nombre de lésions, enfin des feuilles frictionnées avec des abrasifs en développent un grand nombre. Trois heures après la friction avec abrasif, les feuilles ont repris leur résistance à l'inoculation par pulvérisation.

Il est probable que les virus normalement difficiles à transmettre par inoculation de jus infectieux, mais faciles à transmettre par l'usage d'un abrasif, sont ceux qui existent dans le jus infectieux à une concentration inférieure au point final de dilution requis pour l'hôte considéré. Le Carborundum agit comme une augmentation de concentration (cas du virus A de la Pomme de terre, transmissible sans abrasif au Tabac et uniquement avec abrasif à la Pomme de terre).

Le traitement par le Carborundum enlèverait complètement la cuticule cireuse de l'épiderme, comme le montre le traitement par l'hydroxyde de l'argent ammoniacal qui noircit uniformément la feuille frictionnée au Carborundum et ne donne que des points noirs, correspondant à la base des poils cassés sur la feuille frictionnée sans Carborundum. A l'hydroxyde d'argent la sensibilité persiste, tandis qu'au virus elle disparait au bout de trois heures. C'est que le virus pénètre par des blessures qui se cicatrisent. La friction au Carborundum élimine tous les poils et blesse les cellules épidermiques qui, sans cela, ne sont pas atteintes. L'effet du Carborundum est peut-être dû au fait que les cellules épidermiques seraient plus sensibles que les poils. Ceci peut agir en même temps que l'augmentation du nombre de blessures.

P. L.

MANGENOT (G.), ALIBERT (H.) et BASSET (A.). — **Sur les lésions caractéristiques du « swollen shoot » en Côte d'Ivoire.** *C. R. Ac. Sc.*, n° 13, p. 749, 1946.

Description des symptômes de la maladie : taches mosaïquées sur les feuilles, renflements sur les tiges.

Les auteurs ont observé deux types de taches sur les feuilles :

1° taches blanc-crème de dimensions variables, parfois confluentes, de disposition irrégulière ou en bandes parallèles aux nervures, déformation du réseau des nervures;

2° taches jaunes plus diffuses.

Les lésions blanches sont translucides, formées par un parenchyme indifférencié, sans lacunes. L'appareil chlorophyllien est formé de plastes très petits, peu colorés, n'élabo-

rant pas d'amidon. Le cytoplasme est anormalement sidérophile. Les tanoïdes sont plus abondants que dans les territoires normaux. Les gaines fibreuses des faisceaux fibro-vasculaires formant le réseau des nervures, en sont bourrées.

Les lésions jaunes ne sont jamais translucides *in vivo*. Les tissus ont des lacunes aérifères. Le tissu palissadique et le tissu lacuneux sont ici différenciés, mais ce dernier est plus dense que dans les feuilles normales. Ici les plastes de l'appareil chlorophyllien élaborent de l'amidon, mais leur écorce est plus mince que dans les mésophylles normaux. Il y a ici également une hypersecrétion de tannins et le contenu tanoïdique des cellules de l'épiderme inférieur brunit souvent, d'où la formation d'un voile superficiel brun.

L'étude anatomique des renflements de rameaux montre que ceux-ci proviennent d'une hyperactivité localisée mais très marquée du cambium. Celui-ci, d'une épaisseur impressionnante, produit vers l'intérieur un puissant cylindre ligneux avec des fibres et vaisseaux d'un calibre anormalement important avec, parfois, des dispositions irrégulières. Le liber est aussi anormalement épais et les paquets fibreux y sont moins régulièrement stratifiés.

P. L.

SHEFFIELD (F. M. L.). — **Présence du virus dans le meristème primordial.** (Presence of the virus in the primordial meristem.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 29, n° 1, p. 16-17, 1942.

Les recherches d'inclusions intracellulaires dans les meristèmes de plantes infectées par de nombreux virus ont échoué (virus de la mosaïque du Tabac, de la mosaïque aucuba sur Tabac, Tomate et *S. nodiflorum*, *Hyoscyamus virus 3* et severe itch virus sur Tabac, mosaïque du Dahlia sur Dahlia). Les inclusions intranucléaires produites par le virus etch apparaissent dans les jeunes feuilles plutôt que les inclusions cytoplasmiques. Il est possible que cette absence d'inclusions dans les meristèmes soit due à l'absence de virus.

Dans le but de vérifier cette hypothèse, les tissus de sommets de plantes infectées par le virus de la mosaïque du Tabac ou celui de la mosaïque aucuba étaient disséqués en prenant soin d'éliminer toutes les cellules où la division nucléaire avait cessé : dans le cas des racines, la coiffe était éliminée. Les fragments ainsi obtenus étaient des hémisphères de 100 mm. de diamètre (volume $1/4 \times 10^{-6}$ cc.). Chaque meristème disséqué était lavé plusieurs fois à l'eau courante et porté sur une plaque stérile où il était coupé en fragments avant d'être mis en suspension dans un volume d'eau connu. Le matériel était conservé à + 4° jusqu'à obtention d'une quantité suffisante et inoculé sur des feuilles de *N. glutinosa*. Les essais ont montré que le virus de la mosaïque du Tabac et le virus de la mosaïque aucuba existaient dans les meristèmes. L'absence d'inclusion doit donc être attribuée à une autre cause.

Des essais avec le virus etch ont donné des résultats négatifs. Mais ce virus est mille fois moins abondant dans les jus que celui de la mosaïque du Tabac. L'échec peut être attribué à une dilution trop élevée.

P. L.

GAUMAN (E.). — **Leçons sur l'infection chez les plantes.** (Pflanzliche Infektionslehre.) Birkhauser et Co, Basel, 600 p., 311 fig., 1946.

Cet ouvrage est le fruit des vingt années d'enseignement de l'auteur à l'école supérieure technique fédérale de Zurich. Il aborde l'étude de l'infection chez les végétaux et des problèmes biologiques en liaison avec cette dernière. Il ne faut pas y chercher une étude spéciale des maladies des plantes. On y trouvera seulement un exposé théorique et général sur les phénomènes morbides chez les plantes. L'autorité et la compétence universellement reconnues de l'auteur confèrent à ce livre un intérêt de premier ordre.

Les points traités sont les suivants :

1° *L'infection*, son mécanisme, les facteurs qui l'influencent, l'expansion du parasite;

2° *Cycles d'infection*, leur constitution, les sources d'infection, les modalités de contamination, rôle des animaux dans la transmission des maladies, épidémiologie;

3° *Aptitude parasitaire des agents*, ses variations d'un agent à l'autre et chez un même agent en fonction des divers facteurs;

4° *Prédisposition de l'hôte*, sensibilité, résistance, ses facteurs, immunité acquise, tolérance, etc.; influence des facteurs du milieu sur la prédisposition de la plante;

5° *La maladie*, ses manifestations morphologiques et physiologiques;

6° *La lutte contre les maladies des plantes :* prophylaxie antiinfectieuse, prophylaxie de disposition ou action sur la prédisposition de l'hôte, méthodes curatives.

Cette énumération trop sèche et même incomplète montre l'ampleur du sujet traité. L'auteur s'appuye sur une documentation considérable et fait état des travaux les plus récents, notamment dans le cadre des maladies à virus. Il est seulement regrettable que le chapitre consacré aux principes de la lutte soit resté quelque peu schématique (il ne comporte que cinq pages) par rapport aux autres parties de l'ouvrage, extrêmement fouillées dans le détail.

P. L.

Cowie (G. A.). — **Facteurs engendrant les symptômes de carences minérales sur les cultures de Pommes de terre.** (Factors inducing mineral deficiency symptoms on the potato plant.) *Ann. appl. Biol.*, Vol. 29, n° 4, nov. 1942.

Les conclusions résultent d'observations réalisées sur des cultures dans le sable et dans les champs.

Les observations montrent qu'un excès d'azote et d'acide phosphorique facilite l'extériorisation des symptômes de carence en potasse (brûlures des feuilles, noircissement des tubercules à la cuisson). Un excès d'azote et de potasse facilite l'extériorisation des symptômes de carence en acide phosphorique.

P. L.

ZOOLOGIE AGRICOLE.

Bonnemaison (L.).— **Essais de traitements chimiques contre l'Anthonome du poirier.** *C. R. Acad. Agr.*, 31, p. 236-238, 1945.

Au cours d'essais effectués contre *Anthonomus pyri*, les résultats les meilleurs ont été donnés par une bouillie contenant 50 g. de D. D. T. à l'hl., avec une efficacité de 95 p. 100. Une pulvérisation à 100 g. d'H. C. H. par hl. a présenté 43 p. 100 d'efficacité et une bouillie sulfocalcique à 2. p. 100, 31 p. 100 d'efficacité.

Les produits employés en poudrage se classent dans le même ordre, avec des résultats un peu moindres. Un seul traitement est suffisant, mais il doit être appliqué à une date précoce.

M. Rau.

Chaboussou (F.) et Lavaur (J.). — **La lutte contre l'Hoplocampe des prunes** *(Hoplocampa flava L.)* **en Agenais.** *C. R. Acad. Agr.*, 31, p. 60-64, 1945.

Hoplocampa flava est le seul Hoplocampe qui attaque les pruniers dans l'Agenais. Les essais effectués par les auteurs ont montré qu'on peut le combattre efficacement par une seule pulvérisation effectuée à la chute complète des pétales. La valeur des produits a été jugée d'après l'augmentation de récolte obtenue. En première ligne se classent : une bouillie à 3 g. 75 de roténone par hl., en milieu mouillant, avec une récolte 5,5 fois plus forte que chez le témoin; et une bouillie contenant 240 g. de S. P. C. par hl., en présence d'huile, qui a multiplié le rendement par 5,8. Le quassia, le D. D. T., la nicotine

sont peu actifs : récolte multipliée par 1,1 à 1,6. L'arséniate de plomb, même avec 2 pulvérisations, est très inférieur au S. P. C. et à la roténone.

M. RAU.

CHAMBERS (V. H.), HEY (G. L.) et SMITH (N. K.). — **Généralités sur le D. D. T.** (D. D. T., a review.) *The Fr. Grower*, n^{os} des 7 et 21 septembre 1944.

D'une façon générale, le D. D. T. peut rendre de grands services dans les cultures fruitières et maraîchères. En dehors de ses emplois en hygiène humaine et en médecine vétérinaire, les récents travaux américains, suisses et anglais sur ses usages agricoles peuvent être résumés comme suit :

Contre le Carpocapse des pommes, les résultats sont irréguliers : il semble cependant que les bouillies à 50 g. de D. D. T. par hl. soient équivalentes à l'arséniate de plomb à la dose de 100 g. d'As par hl. Les traitements contre le Carpocapse des prunes (*Laspeyresia funebrana*) par la même bouillie à 50 g. de D. D. T. réduit le pourcentage moyen des prunes véreuses de 35 à 9 p. 100.

Contre l'Anthonome du pommier, deux pulvérisations par le nouvel insecticide réduisent considérablement les dégâts.

Bons résultats sur l'Hoplocampe du prunier (*Hoplocampe flava*), dont l'infestation est réduite au 1/3 ou au 1/6. Mauvais résultats sur l'Hoplocampe du pommier (*H. testudinea*).

Le D. D. T. est actif envers les insectes du framboisier (*Byturus tomentosus*) et des groseillers (*Anthonomus rubi*), envers les Forficules et les Fourmis, envers certaines Cochenilles de Californie. Il exerce une action répulsive sur le Hanneton (*Melolontha melolontha*), mais présente peu de toxicité pour les Tétranyques : les pulvérisations dirigées contre *Paratetranychus pilosus* entraînent une multiplication de cet Acarien, car elles détruisent un de ses ennemis, le Coléoptère *Stethrum punctum*.

En ce qui concerne les Abeilles, les poudres au D. D. T. sont toxiques. Les pulvérisations ne seraient plus dangereuse après dessication des dépôts de bouillie.

Le D. D. T. est compatible avec la bouillie sulfocalcique ; on ne constate pas la décomposition qui se produit lorsqu'on mélange un arséniate de plomb à une bouillie sulfocalcique de concentration inférieure à 1 p. 100.

M. RAU.

WIESMANN (R.) et FENJVES (P.). — **Nouveaux essais de lutte contre la Mouche des cerises *Rhagoletis cerasi* L. avec le Gerasol en 1943.** (Weitere Versuche zur Bekämpfung der Kirschfliege *Rh. cerasi* L. mit Gesarol in Jahre 1943.) *Schw. Zeits. f. Abst. u. Weinbau*, n° 7, 7 p., 1944.

Les bouillies contenant 50 g. de D. D. T. par hl. donnent de bons résultats en Suisse contre la Mouche des cerises ; il n'y a pas d'intérêt à doubler la dose d'insecticide. Deux traitements sont recommandés : le premier au début de juin, le second 15 jours plus tard.

M. RAU.

COUTURIER (A.) et MÉMERY (R.). — **Du danger pour les Abeilles des traitements arsenicaux dirigés contre les arbres fruitiers en fleurs dans le Bordelais.** *C. R. Acad. Agr.*, 31, p. 58-60, 1945.

Au cours d'une expérience faite dans un petit rucher, à 150 mètres duquel des pommiers au début de la pleine floraison ont reçu des pulvérisations d'arséniate de plomb, on a constaté la mort d'assez nombreuses Abeilles. Les pertes des ruches ont été estimées à 20 p. 100. Les Abeilles survivantes sont devenues méchantes. Parmi les morts, se trouvait une forte proportion de jeunes nourrices. Le couvain n'a pas souffert. Dans cet essai, les Abeilles ne disposaient pas d'autres plantes mellifères que les pommiers traités.

C'est dans le pollen, semble-t-il, qu'elles ont rencontré les substances toxiques. L'H. C. H. ne paraît pas être répulsif pour les Abeilles.

M. Rau.

Hinton (H. E.). — **Monographie des Coléoptères des produits conservés.** (A monograph of the Beetles associated with stored products.) Vol. 1, Bristih Museum (Nat. Hist.), 1945, VIII + 443 p., 505 fig.

Les insectes des matières entreposées ont été particulièrement bien étudiés en Angleterre durant ces dernières années. L'A. se propose de réunir dans cette monographie, tous les renseignements concernant les Coléoptères des denrées conservées. En effet « to control insects attacking stored products it is necessary to know something of their life-history habits, and environmental needs ». Le premier travail consiste donc à bien connaître la systématique de façon à distinguer avec certitude les adultes et les larves de ces insectes.

Cette étude comprend tous les insectes rencontrés sur ou dans les matières entreposées ainsi que dans les lieux de conservation, c'est-à-dire :

1. Ceux qui consomment ces productions ;
2. Ceux qui se nourrissent des moisissures ou champignons poussant sur ces réserves ou sur les murs et planchers des locaux ;
4. Ceux qui attaquent les animaux morts dans ces lieux ;
5. Ceux qui se trouvent dans les déjections des Vertébrés ;
6. Ceux qui creusent les casiers, caisses ou constructions de bois des entrepôts ;
7. Ceux qui ravagent les cultures sur pied et qui, bien qu'incapables de faire des dégâts sur les matières sèches, se rencontrent dans ces réserves ;
8. Ceux qui cherchent un refuge dans ces lieux.

Un tableau très détaillé permet la détermination des familles pour les adultes et les larves. Dans ce premier volume les familles suivantes sont étudiées : *Carabidae*, *Staphylinidae*, *Nitidulidae*, *Lathridiidae*, *Mycetophagidae*, *Colydiidae*, *Murmidiidae*, *Endomychidae*, *Erotylidae*, *Anthicidae*, *Cryptophagidae*, *Dermestidae*.

Dans chaque famille l'auteur a dressé un tableau pour distinguer les espèces tant au stade adulte que larvaire.

L'étude de chaque espèce comprend une description de l'adulte et de la larve, la distribution géographique, les mœurs.

Plus de 1.000 références terminent ce travail illustré de 505 figures dont de nombreux dessins d'ensemble.

J. d'Ag.

Lepesme (P.). — **Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés.** Paris, 1944. Lechevallier. 335 p., 223 fig., 12 pl.

L'ouvrage de M. Lepesme offre une mise au point complète concernant un sujet de grande actualité et sur lequel la documentation dont nous disposons en langue française se montrait jusqu'à ce jour fort dispersée. Il correspond non seulement à la réunion des éléments pris au cours d'études bibliographiques très fouillées mais aussi à la présentation de nombreuses observations originales découlant des recherches sur divers insectes poursuivies par l'auteur depuis plusieurs années.

L'ouvrage est indispensable dans tous les services entomologiques ayant à opérer dans des entrepôts, à suivre des importations ou des échanges de denrées, car pour toutes les espèces que l'on peut rencontrer, on trouve les caractères d'identification, les dessins voulus pour une reconnaissance plus facile, enfin une mise au point sur la biologie puis sur les moyens de lutte.

Les écologistes, de leur côté, auront dans l'étude de M. Lepesme une série de chapitres plein d'intérêt concernant le peuplement coléoptérologique des denrées, ses caractères, les facteurs le réglant et l'équilibre biologique entre espèces.

B. T.

PHYTOPHARMACIE.

ACREE (F.), JACOBSON (M.) et HALLER (H. L.). — **L'*Amorpha fruticosa* ne contient pas de roténone.** (*A. fruticosa* contains no roténone.) *Science*, t. 99, n° 2562, p. 99-100, 1944.

La légumineuse *Amorpha fruticosa* a été considérée comme contenant de la roténone, parce qu'elle donne les réactions colorées caractéristiques de Gross et Smith, de Rogers et Calamari, et de Durham. Cette opinion est fausse : la plante ne contient ni roténone, ni roténoïdes, mais un glucoside, l'amorphine, qui fournit les mêmes réactions. L'aglycone de l'amorphine, appelé amorphogénine, répond aussi positivement aux tests de Gross et Smith et de Durham.

M. RAU.

BOWE (C. V.) et BARTHEL (W. F.). — **Classification des tabacs: méthode à la nicotine-nornicotine.** (Classification of tobacco. Nicotine-nornicotine method.) *Ind. Eng. Chem.*, 36, p. 475-477, 1944.

Si on transforme en picrates des mélanges en proportions connues de nicotine et de nornicotine, on voit que le point de fusion du picrate des alcaloïdes du tabac entraînables par la vapeur d'eau peut servir de base à une classification des tabacs.

Ceux-ci se classent en 3 groupes : tabacs à nicotine, p. f. du picrate supérieur à 211°; tabacs à nicotine + nornicotine, p. f. compris entre 198° et 211°; tabacs à nornicotine, p. f. inférieur à 198°. Les résultats obtenus d'après cette méthode sont en accord avec les analyses chimiques des tabacs.

M. RAU.

DOMENJOZ (R.). — **Étude expérimentale sur un nouvel insecticide; contribution à la théorie des actions toxiques de contact.** (Experimentelle Erfahrungen mit einem neuen Insektizid [Neocid - Geigy], ein Beitrag zur Theorie der Kontaktgiftwirkung.) *Schw. Mediz. Wochenschr.*, 74, p. 952-974, 1944.

Les travaux de Laüger sur les insecticides de contact sont exposés. Les tissus imprégnés par une solution de D. D. T. à 1 p. 100 amènent la mortalité totale des Poux en 30 h., les solutions à 1 mg. par litre produisent le même résultat en 96 h.

M. RAU.

DIMOND (A. E.), HEUBERGER (J. W.) et HORSFALL (J. G.). — **Produits de remplacement pour les bouillies cupriques.** (Copper Spray substitutes.) *Amer. Potato J.*, 20, p. 141-153, 1943; in : *Rev. Appl. Mycol.*, 22, p. 400, 1943.

Trois composés organiques de synthèse, la tétrachlorobenzoquinone, le bisulfure de tétraméthylthiurane et le diméthyldithiocarbamate ferrique, qui sont de bons anti-carie, paraissent utilisables pour le traitement fongicide du feuillage de la Pomme de terre. On leur reproche d'être d'un prix de revient élevé et d'avoir une adhésivité trop faible.

M. RAU.

GASSNER (G.). — **Étude sur l'action toxique des mercure-alcoyles.** (Beiträge zur Giftwirkung der Quecksilberalkyle.) *Phytop. Zeitsch.*, 14, p. 385-389, 1943.

Les essais ont porté sur le chlorure, le bromure, et l'iodure de mercure-méthyle. Ces produits possèdent un pouvoir fongicide élevé et un excellent indice chimiothérapeutique.

A la concentration de 2 mg. par litre et avec une durée d'immersion de 1 h., ils empêchent la germination des spores de charbon couvert de l'orge, *Ustilago hordei* : les spores sont tuées à la dose de 5 mg. par litre. Les grains de blé ne sont pas altérés par la concentration de 20 mg. par litre.

M. Rau.

Goldworthy (M. C.), Green (E. L.) et Smith (M. A.). — **Propriétés fongicides et phytocides de quelques dialcoyldithiocarbamates métalliques.** (Fungicidal and phytocidal properties of some metal dialkyldithiocarbamates.) *J. Agr. Res.*, 66, p. 227-291, 1943 ; in : *Rev. Appl. Mycol.*, 22, p. 442, 1943.

Parmi les dithiocarbamates ayant 2 fonctions alcoyle, les composés diméthylés ont les propriétés fongicides les plus fortes et les composés dibutylés les moindres. Les sels de fer, de plomb et de zinc paraissent les plus intéressants et causent le moins de dégâts aux plantes. A tous points de vue, le composé plombique est le meilleur.

Les sels des trois métaux indiqués peuvent être préparés dans les pulvérisateurs par le mélange des réactifs en proportions convenables. On obtient ainsi des produits qui tiennent bien en suspension et qui ont de bonnes qualités d'adhérence. Les dérivés ferrique et zincique causent des brûlures au pêcher, mais sont inoffensifs pour le pommier.

Tous les dialcoyldithiocarbamates métalliques sont compatibles avec la chaux éteinte et l'arséniate de plomb. Le sel diméthylé ferrique conserve ses propriétés fongicides en présence de bentonite et de sulfate de nicotine bentonité, mais il les perd partiellement en présence de bentonite floculée par la chaux.

Dans les essais effectués au verger, le diméthyldithiocarbamate ferrique a donné de bons résultats contre la tavelure du pommier *Venturia inaequalis*, le « scab » du pêcher *Cladosporium carpophilum* et contre le « rot brun » des fruits (*Sclerotinia fructicola*). Il ne cause pas de dégâts aux fruits, mais provoque la formation de taches sur les feuilles de pêcher. Les feuilles âgées sont plus sensibles. Il est inoffensif pour le cerisier, mais se montre inactif contre la maladie due à *Coccomyces hiemalis*.

M. Rau.

Goodavage (J. E.). — **L'attaque fongique des tissus de coton.** (Mildew cotton fabrics.) *Am. Dyest. Reptr.*, 32, p. 265-270, 1943 ; in : *Rev. Appl. Mycol.*, 22, p. 479, 1943.

Dans les régions tropicales, les tissus de coton sont attaqués par des cryptogames, contre lesquels plusieurs fongicides ont été envisagés. On cite en particulier : les naphthénates de cuivre et de zinc, le pentachlorophénol, le dihydroxydichloro-diphénylméthane, l'orthophénylphénol, les sels de cupro-ammonium, le lactate de phénylmercure-trinitriléthanol, les amines quaternaires, les sels d'alcoyldiméthylbenzylammonium ; le chlorure de cétylpiridinium, l'aminogaïacolbenzothiazole-iminourée. Plusieurs de ces produits présentent des inconvénients qui en empêchent l'emploi pratique.

M. Rau.

Nielsen (L. W.). — **Études sur les composés à base d'argent et leurs mélanges, employés en bouillies fongicides.** (Studies with silver compounds and mixtures as fungicidal sprays.) *Mem. Cornell Agr. exp. st.*, n° 248, 44 p., 1942 ; in : *Rev. Appl. Mycol.*, 22, p. 394, 1943.

70 formules à base d'argent ont été essayées sur des pommes de terre contaminées artificiellement par le mildiou. Les meilleurs résultats ont été donnés par l'oxyde d'argent, l'iodure d'argent, l'hexacyanoferrate (II) d'argent, le bichromate d'argent, le sulfite d'argent en présence de bétonite, les mélanges de sels d'Ag avec le sulfate de Mn (II), les sulfates ferreux et ferriques, et avec la chaux. Dans les mélanges de nitrate d'argent et de sulfates métalliques, la meilleure concentration en sulfate est celle qui égale la concentration moléculaire en NO^3 Ag. La teneur en chaux qui assure une adhésivité maxima varie pour chaque mélange : dans le mélange nitrate d'argent + sulfate

ferreux + chaux, l'adhésivité est la plus forte quand il y a assez de chaux pour réagir avec les deux sels.

Voici les proportions des 3 composés qui donnent une bouillie à 100 mg. d'Ag par litre : 0 g. 158 de NO^3 Ag, 0 g. 258 de SO^4 Fe, et 0 g. 154 de Ca $(OH)^2$ par litre. Cette formule est aussi adhésive que la bouillie bordelaise à 0,36 p. 100.

M. Bar.

Palmiter (D. H.). et Hamilton (J. M.). — **Un nouveau fongicide.** (A new fungicide.) *Proc. N.-Y. St. Agr. Soc*, 1942, p 207-209, 1942; in : *Rev Appl. Mycol.*, 22, p. 261. 1943.

Le diméthyldithiocarbamate ferrique est 2 à 3 fois aussi actif que le soufre contre les spores de tavelure (*Venturia inaequalis*) ; il ne coûte pas plus que les produits à base de soufre et est plus adhésif que les autres composés organiques. A la dose de 2 p. 100, il présente la même efficacité contre la Tavelure du pommier que le soufre à 5 kg. par hl.

M. Rau.

Wilson (E. E.). — **Rapports entre la nature de la bouillie bordelaise et ses qualités physiques.** (Physical caracteristics of Bordeaux mixture in relation to its qualities.) *Phytopathology*, 33, p. 497-505, 1943.

Les qualités des bouillies bordelaises dépendent de leur composition et de leur mode de préparation. Les précipités obtenus en mélangeant les solutions diluées sont plus légers et se sédimentent moins vite que ceux des solutions concentrées, à 12 p. 100 par exemple. Quand la bouillie a été appliquée sur des rameaux de pêcher et d'abricotier et qu'elle a reçu des pluies de 8 à 10 cm., la perte du cuivre des dépots est de 18 à 38 p. 100, si on est parti de solutions diluées ; elle est de 58 à 70 p. 100, si on a opéré à partir de solutions concentrées.

Une agitation prolongée améliore la tenue en suspension des bouillies du type concentré, mais est sans action sur leur ténacité.

M. Rau.

Imprimerie Nationale. — J. P. 600035.

PUBLICATIONS EN VENTE À L'IMPRIMERIE NATIONALE,

27, rue de la Convention, à Paris (XVe).

Les prix ci-après s'entendent franco de port et d'emballage.

	France et colonies.	Étranger. Tarif postal réduit.	Étranger.
ANNALES DES ÉPIPHYTIES ET DE PHYTOGÉNÉTIQUE :			
Tome I (1934-1935) en un volume; II à V inclus (1936 à 1939), en 4 fascicules	170	150	190
Fascicule trimestriel des tomes II à V	40	45	48
Tome VI (1940)	200	170	230
Fascicule du tome VI	65	55	75

ANNALES DES ÉPIPHYTIES : 19 tomes de 1913 à 1934 inclus Épuisés les tomes II, III, IV et VI. — Six fascicules par an formant les tomes IX à XIX ont paru de 1932 à 1934. Épuisés les fascicules 1, 4 et 6 du tome IX.

	France et colonies.	Étranger. Tarif postal réduit.	Étranger.
a. Par tome annuel	80	85	90
b. Par fascicule (6 par an)	15	18	20
ANNALES DES ÉPIPHYTIES, nouvelle série : I, VII, VIII, IX et X.	300		

ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE :

	France et colonies.	Étranger. Tarif postal réduit.	Étranger.
Tome I (1938)	50	53	57
Tome II (1939)	60	63	67
Tome III (1940)	50	53	57

(*Suspendu en 1941.*)

RAPPORT sur le fonctionnement de l'Institut des Recherches agronomiques :

	France et colonies.	Étranger. Tarif postal réduit.	Étranger.
Par tome annuel : 1924 à 1935 inclus (1928 épuisé)	30	35	40

COLLECTION DE MONOGRAPHIES ET MISES AU POINT

PUBLIÉES PAR LES STATIONS ET LABORATOIRES DE RECHERCHES AGRONOMIQUES.

AGRONOMIE GÉNÉRALE ET PHYTOTECHNIQUE.

G. Aubert : *Les sols de la France d'outre-mer* (1941), 90 p., 14 pl., 20 tabl.	35
P. Bergal et L. Friedberg : *Essai d'identification des orges cultivées en France* (t. à p. des *Annales des Épiphyties*, 1940, VI, 201 p., 19 fig., 1 pl.)	30
J. Bordas. : *Les sols de la vallée du Rhône; Essai de pédologie méditerranéenne* 1943, 104 p., 1 carte, phot.	55
A. Demolon, H. Burgevin, M. Marcel, H. Geslin et J. Servy : *Humification des pailles; Fumier artificiel et ses applications* (2e édition), 1941, 60 p., 5 photogr.	30
A. Demolon et E. M. Bastisse : *Études lysimétriques appliquées à l'agronomie* (1943), 48 p., 6 fig., 1 diagr., 21 tabl.	épuisé.

	PRIX EN FRANCS.		
	France et colonies.	Étranger. Tarif postal réduit.	Étranger.
	—	—	—
R. Diehl : *La pomme de terre : caractères et description des variétés* (1938), 157 p., 65 pl. h. t.	épuisé.		
Mme R. Friedberg : *Les avoines cultivées en France* (1943), 172 p., 11 fig., 8 tabl. de détermination, 57 pl. h. t.	55		
H. Geslin : *Contribution à l'étude du climat du blé* (1944), 116 p., 20 pl., 14 tabl., 2 fig.	55		
S. Hénin : *Étude physico-chimique de la stabilité structurale des terres* (1938), 69 p., 23 fig., 7 phot.	25		
P. Jonard : *Essai de classification des blés tendres cultivés en France* (1936), 264 p.	33		

SCIENCES NATURELLES APPLIQUÉES À L'AGRICULTURE.

A. Chappelier : *La lutte contre le rat musqué* (1933), 72 p., 4 pl.	14		
V. Ducomet, E. Foex et L. Alabouvette : *Les maladies de la pomme de terre* (1935), 50 p., 20 pl.	20		
L. François : *Semences et premières phases du développement des plantes commensales des végétaux cultivés* (1943)	épuisé.		
P. Limasset et E. A. Cairaschi : *Les maladies à virus des plantes* (1941), 88 p.	épuisé.		
R. Mayer : *L'Institut de recherches phytopathologiques de Svälof* (1939), 74 p.	25		
L. Mesnil : *Essais sur les Tachinaires* (1939), 67 p., 2 pl.	18		
P. Pesson : *Contribution à l'étude morphologique et fonctionnelle des femelles de Coccides* (1944), 266 p., 151 fig., 1 pl. h. t.	150		
M. Raucourt et H. Bègue : *Étude sur les produits utilisés en France contre le doryphore* (1943), 115 p., 34 fig., 76 tabl., 4 pl. h. t.	épuisé.		
M. Raucourt et H. Bègue : *Formulaire Phytopharmaceutique* (1945), 205 p., 13 fig., 7 tabl.	épuisé.		